

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт электронного
обучения

Специальность 151001 технология

машиностроения

Кафедра технологии автоматизированного машиностроительного
производства

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Проектирование участка механической обработки корпуса редуктора

УДК 621.83.06-214.2.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-4301/22	Масальская Анна Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Козлов В.Н.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Петухов О.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гуляев М.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав.кафедрой	Арляпов А.Ю.	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
 Институт электронного образования
 Специальность 151001 «Технология машиностроения»
 Кафедра Технологии автоматизированного машиностроительного
 производства

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Дата, подпись)

А.Ю. Арляпов

(ФИО)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
з-4301	Масальская Анна Сергеевна

Тема работы:

Проектирование участка механической обработки корпуса редуктора	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	18.02.2016 №947/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Чертеж детали, техническое задание
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Совершенствование технологического процесса изготовления детали, расчет припусков на обработку, размерный анализ технологического процесса, выбор оборудования, расчет режимов резания и мощности оборудования.
Перечень графического материала	Чертеж детали, маршрутная карта, операционная карта, чертеж приспособления, размерная схема.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технологическая часть	Козлов В.Н.

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов О.Н.
Социальная ответственность	Гуляев М.В.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Козлов В.Н.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Дата	Подпись
з-4301	Масальская А.С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4301	Масальская Анна Сергеевна

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Специалист(инженер)	Направление/специальность	151001 «Технология машиностроения»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Рабочее место расположено в закрытом помещении механообрабатывающего цеха ОАО «ТЭМЗ»</p> <p>На оператора в процессе работы действуют следующие опасные и вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная освещенность рабочих поверхностей; - поражение электрическим током; - повышенный уровень шума на рабочем месте; - пожарная и взрывная опасность; -запыленность воздуха. <p>Оказывается негативное воздействие на природу (атмосферу, гидросферу, литосферу).</p> <p>Возможно возникновение чрезвычайных ситуаций природного и социального характера.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте оператора станка с ЧПУ. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	1.1. Вредные факторы: 1) Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2) Воздушная среда; 3) Повышенный уровень шума; 1.2. Опасные факторы: 1) Поражение электрическим током.
2. Экологическая безопасность:	1) Экологическая безопасность - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы)
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	1) пожарная и взрывная безопасность; 2) безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и социального характера.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	-ГОСТ 12.1.019-79 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты". -

	<p>ГОСТ 12.1.003-83 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности".</p> <p>-ГОСТ 12.4.021-75 "Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Общие требования".</p> <p>-ГОСТ 12.1.033-81 "Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Термины и определения".</p> <p>-ГОСТ 12.4.009-83 "Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание".</p> <p>- СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».</p> <p>-СниП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение".</p>
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гуляев М.В.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4301	Масальская Анна Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-4301	Масальская Анна Сергеевна

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТАМП
Уровень образования	Специалисты	Направление/специальность	Технология машиностроения

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость оборудования и производственных площадей, заработная плата основных и вспомогательных рабочих, стоимость материала.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчет затрат на технологическое топливо и энергию.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Расчет амортизационных отчислений

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Технико-экономические показатели базового ТП
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	Расчет технико-экономических показателей проектируемого участка
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР	Расчет затрат на новое оборудование, производственные площади, заработную плату и материал.
4. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	Расчет экономического эффекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Таблица калькуляций тех. процессов.
2. Таблица расчета количества оборудования.
3. Таблица расчета капитальных вложений в оборудование.
4. Таблица расчета капитальных вложений в здание.
5. Таблица расчетов заработной платы основных рабочих.
6. Таблица расчетов заработной платы вспомогательных рабочих.
7. Таблица расчета затрат на двигательную энергию.
8. Таблица расчетов себестоимости продукции.
9. Таблица технико-экономических показателей базового участка.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-4301	Масальская Анна Сергеевна		

Аннотация

В дипломной работе проведен анализ исходных данных для проектирования. Проведен сравнительный анализ действующего и проектируемого технологического процесса изготовления детали «Корпус».

Приведен аналитический обзор решений и выбраны наиболее рациональные, которые можно применить в технологическом процессе.

Разработано усовершенствованное приспособление для фрезерной операции с ЧПУ.

Произведено проектирование и расчет спирального сверла Ø6,8.

В разделе "Социальная ответственность" произведён анализ организации рабочего места оператора станка с ЧПУ. Произведена оценка пожарной безопасности. Проведены расчеты вентиляции и освещенности на рабочем месте.

В разделе «Проектирование цеха механической обработки» произведены расчёты количества основных и вспомогательных рабочих, количества оборудования и площадь цеха.

В разделе "Расчет технико-экономических показателей" рассчитана себестоимость продукции по статьям калькуляции. Проведены технико-экономические показатели участка обработки Корпуса и рассчитан экономический эффект от внедрения нового технологического процесса.

Список использованной при работе литературы содержит 38 наименований.

В целом дипломная работа состоит из пояснительной записки на 164-ти страницах, графической части на 10-ти листах.

Оглавление

Введение.....	6
1. Технологическая часть.....	8
1.1 Служебное назначение и конструкция детали.....	8
1.2 Анализ технических требований.....	12
1.3 Анализ технологичности детали.....	13
1.4 Определение типа и организационной формы производства.....	17
1.5 Анализ существующего технологического процесса.....	21
1.6 Выбор и обоснование предлагаемого варианта маршрутного технологического процесса.....	28
1.7 Обоснование выбора баз.....	33
1.8 Обоснование выбора инструмента.....	35
1.9 Технологическое оборудование.....	37
1.10 Расчет припусков.....	42
1.11 Расчет технологических размеров при обработке отверстия Ø48H8.....	42
1.12 Расчет технологических размеров при обработке корпуса по толщине 27h9.....	50
1.13 Размерный анализ технологического процесса.....	53
1.14 Расчет режимов резания.....	58
1.14.1 Расчет режимов резания для операции 010 Фрезерной.....	58
1.14.2 Расчет режимов резания для операции 020 Фрезерной.....	67
1.14.3 Расчет режимов резания для операции 030 Фрезерной.....	75
1.15 Определение норм времени.....	79
2. Конструкторская часть.....	87
2.1 Разработка механизированного установочно-зажимного приспособления	
2.2 Проектирование контрольно-измерительного приспособления.....	91
2.3 Проектирование спирального сверла для обработки гладкого отверстия.....	93
3. Проектирование механосборочного цеха.....	99
3.1 Расчет коэффициента приведения.....	100

3.2 Расчет коэффициента приведения по серийности производства.....	101
3.3 Расчет коэффициента приведения по сложности.....	102
3.4 Расчет общего коэффициента приведения.....	103
3.5 Расчет трудоемкости изготовления детали.....	103
3.6 Расчет количества станков.....	104
3.7 Расчет потребной площади участка.....	106
4. Социальная ответственность.....	111
4.1 Производственная безопасность.....	111
4.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте оператора станка с ЧПУ.....	112
4.1.1.1 Система освещения.....	112
4.1.1.2 Воздушная среда.....	115
4.1.1.3 Производственный шум.....	116
4.1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	118
4.1.2.1 Поражение электрическим током.....	118
4.2 Экологическая безопасность.....	119
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	121
4.3.1 Пожарная и взрывная безопасность.....	121
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	124
5. Расчет технико-экономических показателей.....	129
5.1 Расчет технико-экономических показателей проектируемого технологического процесса.....	130
5.1.1 Расчет стоимости основных фондов.....	130
5.2 Расчет технико-экономических показателей базового технологического процесса.....	147
5.3 Расчет экономического эффекта.....	159
Заключение.....	160
Литература.....	161

Введение

Машиностроительная промышленность поставляет продукцию всем отраслям хозяйства и является одним из основных его звеньев.

Технологический прогресс и дальнейший рост всех отраслей хозяйства в значительной степени зависит от развития машиностроения и от роста его технологической культуры.

Технологический процесс разрабатывается для изготовления нового или модернизации и совершенствования действующего технологического процесса в соответствии с достижениями науки и техники.

Разрабатываемый технологический процесс должен быть прогрессивным и обеспечивать повышение производительности труда и качества изделий, сокращение трудовых и материальных затрат на его реализацию, уменьшение вредных воздействий на окружающую среду. Технологический процесс должен соответствовать требованиям экологии и безопасности жизнедеятельности. Разработка перспективных технологических процессов должна быть основана на результатах научно-исследовательских, опытно-технологических и опытно-конструкторских работ, прогнозирование новых методов обработки изделия, анализа опыта других предприятий.

В соответствии с этими требованиями проектируемый технологический процесс должен полностью обеспечить выполнение всех требований рабочего чертежа и технических условий, при этом обеспечить минимальные затраты труда и издержки производства. Технологический процесс изготовления изделия должен выполняться с наиболее полным использованием технических возможностей средств производства, при наименьшей затрате времени и наименьшей стоимости изделия.

Для одной и той же детали при одинаковой производственной программе может быть разработано несколько вариантов технологический процессов. В зависимости от опыта технического персонала и местных

производственных условий эти варианты отличаются друг от друга маршрутом и содержанием операций, являясь при этом достаточно равноценными по технико-экономической эффективности.

В современных условиях широкое распространение получает технологическое оборудование с числовым программным управлением, позволяющее производить весь комплекс обработки на одном станке. Оно отличается высокой производительностью, повышенной точностью, высокой концентрацией обработки и снижением участия человека в процессе работы.

Сутью данного дипломного проекта является модернизация существующей технологии изготовления детали с целью переноса большей её части на оборудование с ЧПУ (обрабатывающий центр).

При этом обеспечивается:

1. снижение трудоемкости обработки детали;
2. уменьшение численности рабочих;
3. рост производительности труда;
4. повышение точности обработки;
5. уменьшение числа занятых станков;
6. снижение себестоимости изготовления.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Служебное назначение и конструкция детали

Деталь служит фланцем редуктора привода рычага исполнительного механизма (см. рисунок 1. 1), используемого в космической промышленности.

Основными конструкторскими базами фланца 3 служат поверхности 1 и 2, так как определяют положение детали в узле.

Вспомогательные конструкторские базы поверхности: отверстия 4, служащие для установки подшипников; поверхность 5 служащая для установки двигателей.

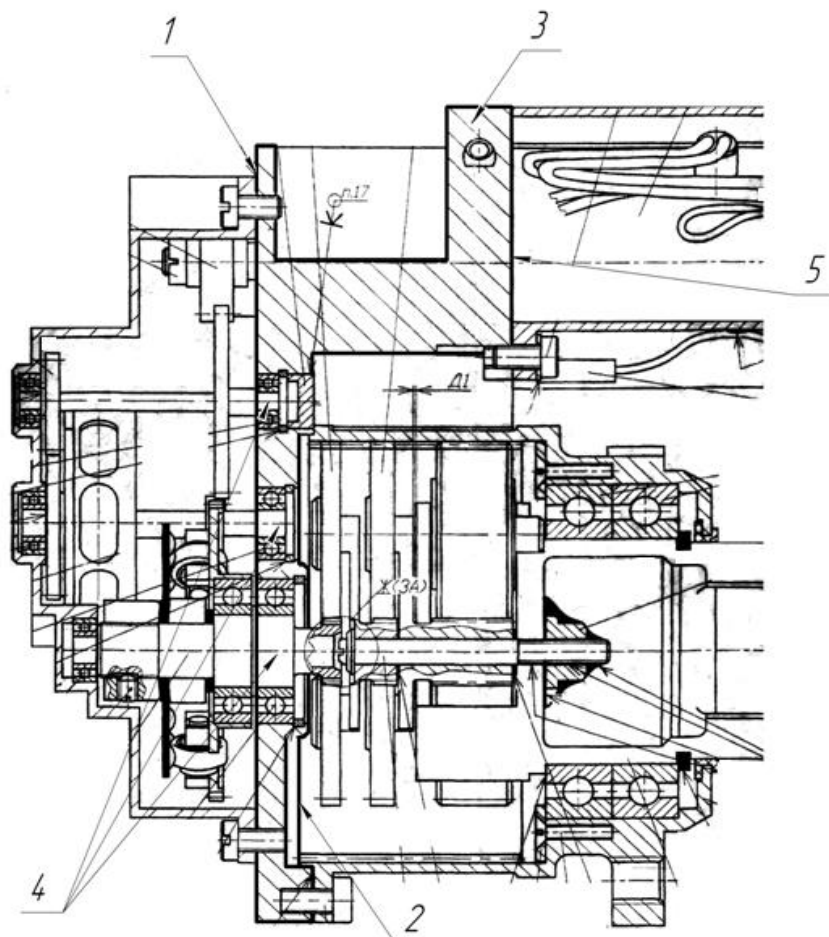


Рисунок 1

Деталь фланец относится к классу корпусных деталей.

Корпусные детали служат для размещения, фиксации и обеспечения пространственных ориентаций различных механизмов машин. Для них характерно наличие опорных, достаточно протяженных и точных плоскостей, точных отверстий, координированных между собой и относительно базовых поверхностей крепежных, смазочных и других отверстий. Деталь корпус относится к корпусам призматического типа с плоскими поверхностями и основными отверстиями, оси которых расположены параллельно.

Деталь корпус изготавливается из материала МА2-1 ГОСТ 14957-76. Данный материал относится к деформируемым магниевым сплавам, хорошо обрабатывается резанием.

Таблица 1.1 – Массовая доля элементов, %

Mg	Al	Mn	Zn	Cu	Be	Ni	Si	Fe	Прочие
92,6-95,1	3,8-5,0	0,3-0,7	0,8-1,5	до 0,05	до 0,002	до 0,004	до 0,1	до 0,04	до 0,3

Таблица 1.2 – Механические свойства МА2-1 при $T = 20^{\circ}\text{C}$

Сортамент	Предел текучести σ_T , МПа	Временное сопротивление, σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость КСЧ, Дж/см ²	Термообработка
Плита ГОСТ 21990-76	140	230-250	6-7	-	-

Плотность $\rho = 1790 \text{ кг/м}^3$.

Твердость НВ 42.

Магний принадлежит к числу наиболее распространенных металлов. Благодаря малой плотности сплавы магния по характеристикам удельной прочности превосходят некоторые конструкционные стали, чугуны и алюминиевые сплавы. Магниевые сплавы в горячем состоянии хорошо прессуются, куются, прокатываются и обрабатываются резанием.

Магниевого сплавы целесообразно применять в деталях, работающих на изгиб. Они не магнитны и не искрят при ударах и трении. Их используют в качестве конструкционного материала и материала со специальными физико-химическими свойствами. Магниевого сплавы легко свариваются аргонно-дуговой сваркой.

Магний химически активный металл. На воздухе окисляется с образованием на поверхности оксидной пленки из MgO . Дистиллированная холодная вода на магний почти не действует. В морской и минеральной воде магний разрушается. В водных растворах большинства минеральных кислот и солей магний растворяется. Он стоек в растворах плавиковой и хромовой кислот, соды, едких щелочей, а также в бензине, керосине и минеральных маслах. Поэтому он может быть использован для изготовления трубопроводов, баков, цистерн для перевозки и хранения этих жидкостей.

Для предохранения магния от коррозии на его поверхность наносят тончайшие оксидные пленки или лакокрасочные покрытия. Хорошие результаты дает покрытие эпоксидными пленками.

Магниевого сплавы хорошо поддаются всем видам обработки резанием: точению, фрезерованию, сверлению, зенкерованию. Они обладают хорошей теплопроводностью, поэтому образующееся при обработке тепло (при правильной конструкции инструмента и рационально разработанном технологическом процессе) передается самому обрабатываемому изделию и перегрева стружки не происходит.

Скорость резания при обработке магниевых сплавов больше, чем при обработке алюминиевых сплавов, и ограничивается возможностями станка. При высоких скоростях резания следует применять резцы из быстрорежущей стали или с пластинками из твердых сплавов и керамическими.

При токарных работах с резцами из углеродистой или быстрорежущей стали скорость резания достигает 1000—1500 м/мин. Применение пластинок из

твердых сплавов дает возможность довести скорость резания до 3000 м/мин и более. Во всех случаях необходимо тщательно следить за надлежащей остротой резца. Передний угол резца обычно принимается равным $15\text{—}20^\circ$ (и не свыше 30°), задний угол $\alpha = 10\text{—}12^\circ$. Задний угол вспомогательной режущей кромки принимается равным $3\text{—}5^\circ$ для отрезных резцов и до 10° для остальных резцов. Для резцов с пластинками из твердых сплавов задний угол выполняется равным $12\text{—}15^\circ$.

При фрезеровании применяется скорость резания 500—1500 м/мин. Углы заточки инструмента должны быть выбраны в соответствии с имеющимися нормами в зависимости от материала и типа фрезы. Во многих случаях конструкция фрез для обработки магниевых сплавов отличается от нормальных, применяемых для стали и алюминиевых сплавов, уменьшенным количеством зубьев и более широкими канавками для размещения стружки.

При сверлении следует работать на больших подачах. Малые подачи способствуют получению витой стружки, которая может застревать в канавках сверла. При глубоком сверлении рекомендуется применять сверла с большим углом спирали.

Малое давление на резец и высокая теплопроводность магния и его сплавов практически позволяют вести обработку в сухую, без применения искусственного охладителя.

В случаях, когда применение искусственного охлаждения необходимо, рекомендуется применять охлаждение сжатым воздухом. Возможно охлаждение жидкостями.

Силы резания при обработке магниевых сплавов небольшие, что связано с низким пределом их текучести при сдвиге и, что более важно, с небольшой площадью контакта на передней поверхности инструмента в широком диапазоне скоростей резания и при различных передних углах. Это приводит к

тому, что угол сдвига большой, а стружка тонкая (незначительно больше подачи).

1.2 Анализ технических требований

Исходя из условий работы фланца к нему предъявляются следующие технические требования таблица 1.2

Таблица 1.3 - Анализ технических требований

№	Техническое требование	Назначение технического требования и способы их обеспечения	Схемы контроля
1	Шероховатость поверхности Ra 2,5 (Рис.1.2)	Для обеспечения герметичности соединения. Обеспечивается чистовым фрезерованием.	Профилометр
2	Допуск непараллельности 0,02 относительно базы Л (Рис.1.2)	Для исключения перекоса оси вала и заклинивания подшипников. Обеспечивается точностью станка.	
3	Позиционный допуск 0,2 (рисунок 1.2)	Для обеспечения точности сборки изделия. Обеспечивается точностью станка и обработкой на аттестованном приспособлении за 1 установ.	Контрольно-измерительная машина «Opton»
4	Покрытие детали Хим. Окс.	Необходимо для защиты детали от коррозии и воздействия других вредных факторов окружающей среды. Обеспечивается на гальванической операции	Визуально

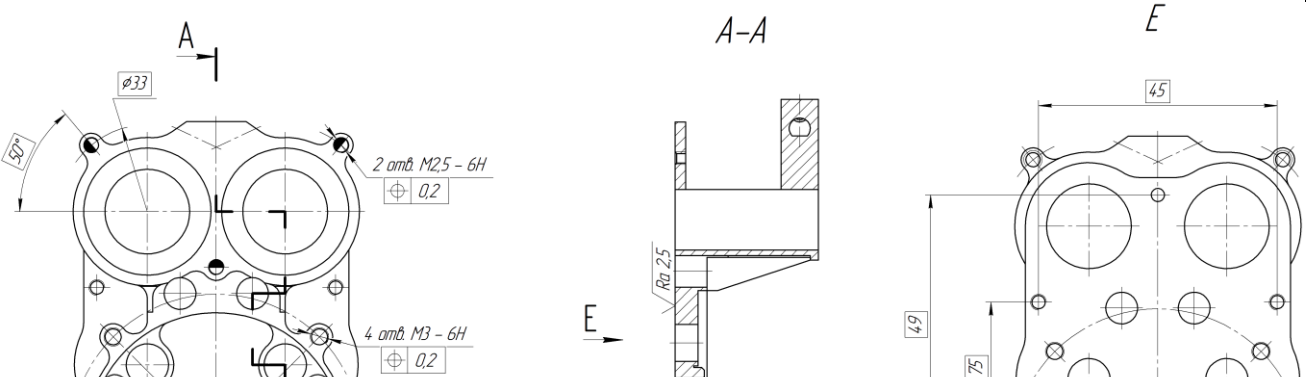


Рисунок 1.2. - Фланец

1.3 Анализ технологичности детали

Технологичность конструкции – совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимизации затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовления, эксплуатации и ремонта конструкции изделия того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества и принятых условий изготовления, эксплуатации и ремонта.

Технологичность – свойство конструкции, заложенное в ней при проектировании и позволяющее получать изделие с заданным уровнем качественных характеристик высокими технико-экономическими показателями в производстве и эксплуатации. Технологичность и ее показатели характеризуют эффективность конструктивных и технологических решений при проектировании детали с точки зрения обеспечения высокой производительности труда и рационального расхода материала при ее изготовлении.

Технологичность конструкции детали оценивается на качественном и количественном уровнях.

Качественная оценка технологичности конструкции детали

Конструкция детали «Корпус» достаточно жёсткая, что позволяет применить высокопроизводительные методы обработки при отсутствии труднодоступных мест для подвода инструмента и контроля.

Главными конструкторскими базами являются установочная поверхность 1 с чистотой поверхности Ra 2,5 и ряд диаметров 2 Ø7H12, Ø5H12, Ø15H12, служащие корпусными отверстиями для установки подшипников качения (см. рисунок 1.1) и совпадающие с технологическими базами.

В качестве исходной заготовки предлагается использовать литую заготовку с конструктивными элементами наиболее приближенными к контурам детали, которые позволят обеспечить технология литья.

Деталь содержит много сложных для обработки элементов, но при возможности применения прогрессивного металлорежущего оборудования и высокопроизводительного инструмента все они выполнимы при наименьшем количестве переустановок детали. В данном случае сложный контур детали и криволинейные поверхности являются технологичными элементами.

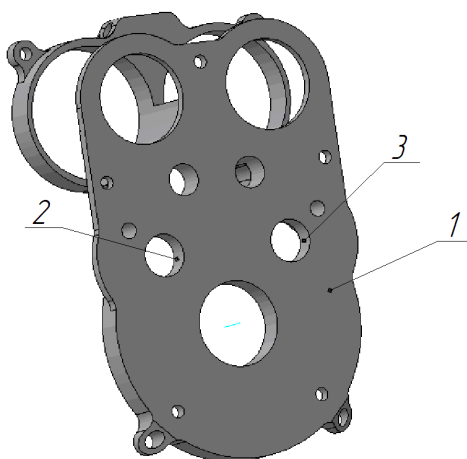


Рисунок 1.3 - Базовые

Таблица 1.4 - Требования к конструкции детали

№ п/п	Требования	Оценка
1	Конфигурация детали и ее материалы позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки	+
2	При конструировании изделия использованы простые геометрические формы, которые позволяют применять высокопроизводительные методы обработки	-
3	Обоснованы заданные требования точности детали	+
4	Обеспечена достигнутая точность детали	+
5	Предусмотрен удобный подвод инструмента	+
6	Возможность совмещенной обработки наибольшего количества поверхностей	+
7	Свойства материала детали должны удовлетворять требованиям обрабатываемости резанием	+

Количественная оценка технологичности конструкции детали

В качестве количественных показателей технологичности могут рассматриваться коэффициент использования материала, коэффициент точности обработки, коэффициент шероховатости поверхности, уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости.

Для расчёта коэффициента точности и коэффициента шероховатости составим таблицу 1.5 с номерами и значениями шероховатости и точности обрабатываемых поверхностей.

Коэффициент точности обработки $K_{Тч}$ определяется по формуле [6, с. 100]

$$K_{Тч} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T_i n_i}, \quad (1.1)$$

где n_i — число размеров соответствующего качества точности;

T_i — качество точности обработки.

$$K_{Тч} = 1 - \frac{29}{8 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 10 + 14 \cdot 17} = 0,83.$$

Если коэффициент точности обработки удовлетворяет условию

$K_{\text{тч}} > 0,8$, то деталь технологична по точности. Поскольку $K_{\text{тч}} = 0,83 > 0,8$, то рассматриваемая деталь является технологичной по точности.

Таблица 1.5 - Основные характеристики обрабатываемых поверхностей

№	Размер обработки	Квалитет точности, T_i	Шероховатость поверхности, Ra
1	17±0,2	±IT14/2	10
2	10,5±0,1	±IT14/2	10
3	Ø28	h11	10
4	Ø27,5	h14	10
5	Ø50	h12	10
6	Ø48	H8	10
7	27	h12	2,5
8	18 ^{+0,2}	H14	10
9	Ø5	H12	10
10	4,9	±IT14/2	2,5
11	21±0,1	±IT14/2	10
12	Ø7	H12	10
13	3,5±0,1	±IT14/2	10
14	1,5±0,2	±IT14/2	10
15	R12,5	h12	10
16	9,2±0,2	±IT14/2	10
17	1±0,2	h14	10
18	Ø16	H12	10
19	2±0,1	h14	10
20	3±0,2	h14	10
21	Ø24	H12	10
22	8 ⁺²	±IT14/2	10
23	3	h12	10
24	3,5±0,2	±IT14/2	10
25	2,2±0,2	h14	10
26	2,6±0,1	±IT14/2	10
27	0,5±0,1	±IT14/2	10
28	Ø15	H12	10
29	Ø19	h14	10

Коэффициент шероховатости поверхности $K_{\text{ш}}$ определяется по формуле [6, с. 101]

$$K_{ш} = \frac{\sum n_{im}}{\sum \Pi n_{im}}, \quad (1.2)$$

где n_{im} — число поверхностей соответствующей шероховатости;

Ra — шероховатость поверхности.

$$K_{ш} = \frac{29}{2,5 \cdot 2 + 10 \cdot 27} = 0,11.$$

Если коэффициент шероховатости поверхности удовлетворяет условию $K_{ш} < 0,32$, то деталь технологична по шероховатости поверхности. Поскольку $K_{ш} = 0,11 < 0,32$, то рассматриваемая деталь является технологичной по шероховатости поверхности.

В процессе проверки уровня технологичности видно, что данная деталь является достаточно технологичной.

1.4 Определение типа и организационной формы производства

В машиностроении различают три основных типа производства: массовое, серийное, единичное.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой выпускаемых изделий при большом объеме выпуска.

Серийное производство характеризуется более широкой номенклатурой выпускаемых изделий и меньшим объемом выпуска.

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой и малым объемом выпуска изделий.

Тип производства согласно ГОСТ 14.004-83 характеризуется коэффициентом закрепления операций за одним рабочим местом или единицей оборудования.

Ориентировочные данные для определения типа производства [24 стр. 55, табл. 3]:

Производство	Количество обрабатываемых в год деталей одного наименования и типоразмера		
	тяжёлых (массой более 100 кг)	средних (массой более 10 до 100 кг)	лёгких (массой до 10 кг)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5–100	10–200	100–500
Среднесерийное	100–300	200–500	500–5000
Крупносерийное	300–1000	500–5000	5000–50000
Массовое	Более 1000	Более 5000	Более 50000

Масса детали Корпус – 0,06 кг, т.е. деталь легкая.

Годовой выпуск деталей N составляет 4000 дет. /год.

Следовательно, по данным таблицы производство является *среднесерийным*.

Серийное производство является основным типом современного машиностроения, и предприятия этого типа выпускают в настоящее время 75-80% всей продукции машиностроения страны. По всем технологическим характеристикам серийное производство занимает промежуточное положение между единичным и массовым производством.

Объем выпуска предприятий серийного типа колеблется от сотен до тысяч регулярно повторяющихся изделий.

Персонал: Рабочие средней квалификации. Наряду с работниками высокой квалификации, работниками на сложных универсальных станках и наладчиками используются рабочие-операторы, работающие на настроенных станках.

Заготовки: Средней точности. В качестве исходных заготовок используется холодный и горячий прокат, литье в землю и под давлением, точное литье, поковки и точные штамповки и прессовки. Требуемой точности достигают как методами автоматического получения размеров, так и методами пробных ходов и промеров с частичным применением разметки.

Оборудование: Универсальное и специализированное, частично специализированное. Широко используются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры и находят применение гибкие, автоматизированные системы станков с ЧПУ, связанные с транспортирующими устройствами и управлением от ЭВМ. Оборудование расставляется по технологическим группам с учетом направлений основных грузопотоков цеха по предметно-замкнутым участкам. Однако одновременно используются групповые поточные линии и переменнo-поточные автоматизированные линии. Большое значение имеет универсально-сборная переналаживаемая технологическая оснастка, позволяющая существенно повысить коэффициент оснащенности серийного производства.

Серийное производство является наиболее гибким и устойчивым, наиболее поддается автоматизированию.

Определение объёма партии.

Объём партии определяется по следующей зависимости [24, стр. 64]:

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi}$$

где N — годовой объём производства;

t — количество дней на которое создаётся запас, равное 3 для среднесерийного производства при изготовлении лёгких деталей;

Φ — количество рабочих дней в году.

Тогда объём партии составит

$$n = \frac{4000 \cdot 3}{260} = 46,15 \text{ шт.}$$

Принимаем: $n=46$ штук.

Рассчитаем аналитическим способом.

Годовая программа изделий $N= 4000 \text{ шт.}$

Действительный годовой фонд времени работы оборудования определяем из рекомендаций по таблице 4 [4, стр. 23]: $F_d = 4015$ ч/см

Определяем такт выпуска деталей:

$$t_{\text{с}} = \frac{F_d \cdot 60}{N} = \frac{4015 \cdot 60}{4000} = 60,23 \left(\frac{\text{мин}}{\text{шт}} \right),$$

где F_d – действительный фонд времени работы оборудования.

Число операций $n = 29$.

Суммарное штучное время по всем операциям:

$$\sum T_{\text{шт}} = 173 \text{ мин.}$$

Среднее штучное время определим по формуле:

$$T_{\text{шт. ср}} = \sum T_{\text{шт}} / n = 173 / 29 = 5,96 \text{ мин}$$

Коэффициент серийности определим по формуле:

$$k_c = t_{\text{в}} / T_{\text{шт. ср}} = 60,23 / 5,96 = 10,1$$

Т.к. $10 \leq k_c \leq 20$, то тип производства – среднесерийное производство.

Расчет количества деталей в партии

Годовая программа выпуска $N = 4000$ шт.; $T_{\text{шт. ср}} = 5,96$ мин.

Периодичность запуска-выпуска изделий $a = 3$ дней.

Число рабочих дней в году $F = 240$ дней.

Расчетное количество деталей в партии определим по формуле:

$$n = N \cdot a / F = 4000 \cdot 3 / 240 = 33 \text{ шт.}$$

Расчетное число смен на обработку партии деталей на участке определяется по формуле:

$$c = (T_{\text{шт. ср}} \cdot n) / (240 \cdot 0,8) = (5,96 \cdot 33) / (240 \cdot 0,8) = 1,02.$$

Принятое число смен на обработку партии деталей на участке: $c_{\text{пр}} = 1$ смена.

Принятое число деталей в партии:

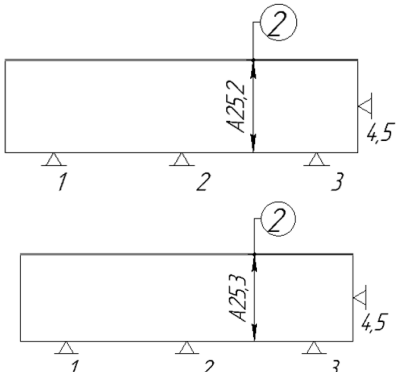
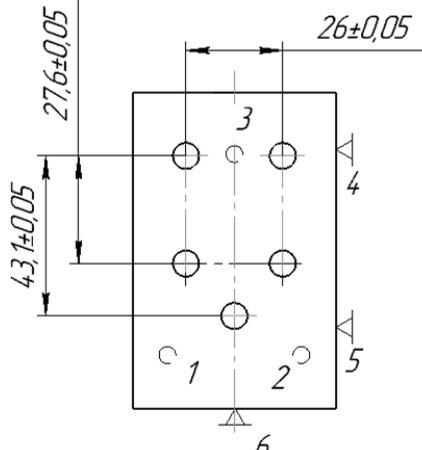
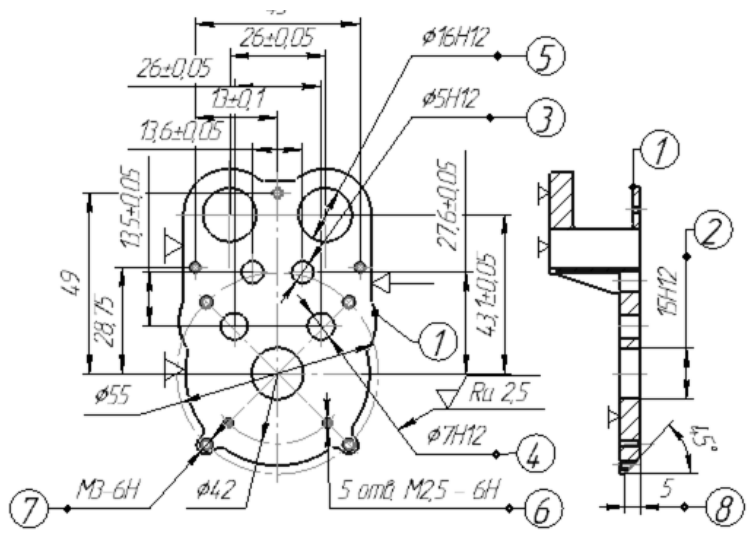
$$n_{\text{пр}} = c_{\text{пр}} \cdot 240 \cdot 0,8 / T_{\text{шт. ср}} = 1 \cdot 240 \cdot 0,8 / 5,96 = 32,2 \text{ шт.} \approx 32 \text{ шт.}$$

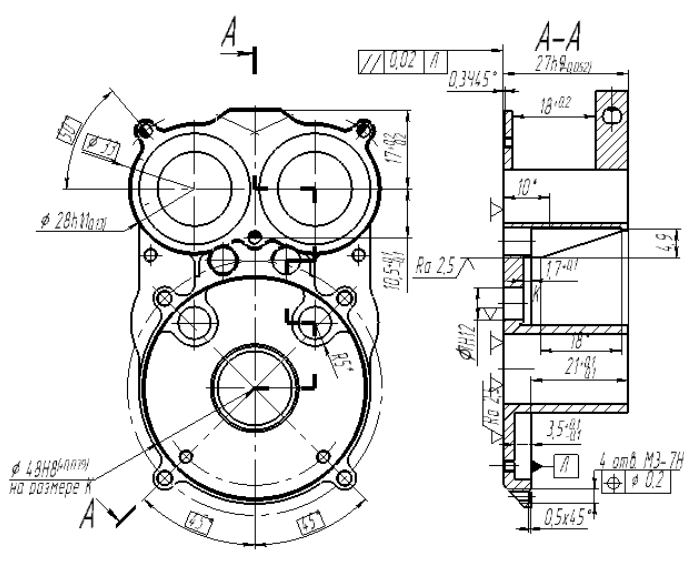
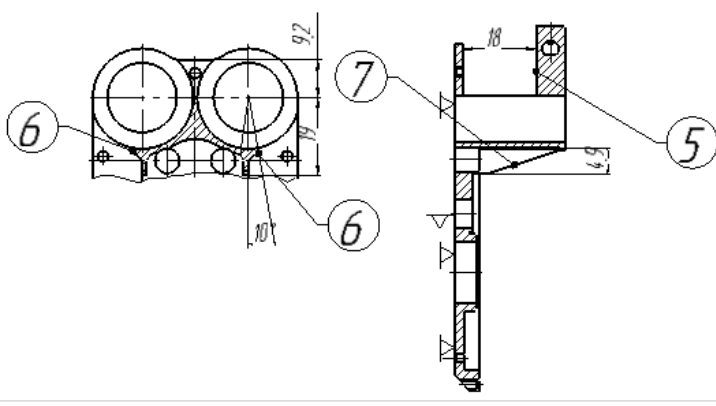
1.5 Анализ существующего технологического процесса

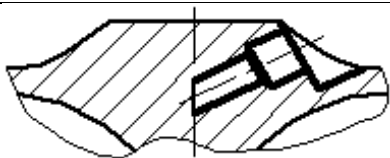

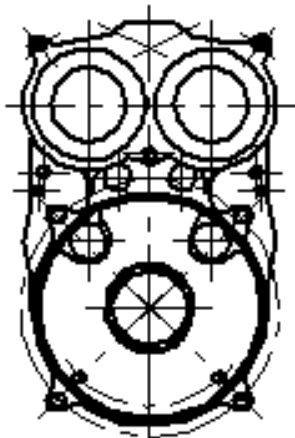
Анализ существующего технологического процесса необходим для изыскания наиболее экономичных и эффективных методов обработки.

Таблица 1.6 - Обработка детали из прутка

Операция	Эскиз обработки
005 Заготовительная Отлить заготовку согласно чертежу ВКР	
010 Слесарная - Верстак	
015 Фрезерная - Станок "Гамбин" Установ А 1. Установить и снять. 2. Фрезеровать пов.1, выдерживая размер A15.1 эскизу. Установ Б 3. Фрезеровать пов.2 предварительно, выдерживая размер A15,2.	
020 Фрезерная - Станок "Гамбин" Установ А 1. Установить и снять. 2. Фрезеровать пов.1, выдерживая размер A20.1 эскизу. Установ Б 3. Фрезеровать пов.2 предварительно, выдерживая размер A20,2.	
025 Фрезерная - Станок "Гамбин" Установ А 1. Установить и снять. 2. Фрезеровать пов.1, выдерживая размер A25.1 эскизу. Установ Б	

<p>3.Фрезеровать пов.2 предварительно, выдерживая размер А25,2 предварительно.</p> <p>4.Фрезеровать пов.2 предварительно, выдерживая размер А25,3 окончательно</p>	
<p>030 Координатно-расточная - "Хаузер"</p> <p>1.Установить и снять деталь.</p> <p>2.Сверлить 5 отв. 6</p>	
<p>035 Слесарная - Верстак</p> <p>040 Фрезерная с ПУ - "FKrSRS 250/2"</p> <p>1.Установить и снять деталь.</p> <p>2.Фрезеровать наружный контур1 предварительно согласно эскизу, выдерживая размеры согласно чертежу.</p> <p>3.Фрезеровать наружный контур 1 окончательно согласно эскизу, выдерживая размеры согласно чертежу.</p> <p>4.Сверлить отв.2 14,2Н12.</p> <p>5.Зенкеровать отв.2 15Н12.</p> <p>6.Сверлить отв.3, выдерживая р- р 5Н12.</p> <p>7.Сверлить отв.4, выдерживая р- р 6,8Н12.</p> <p>8.Развернуть отв.4, выдерживая р-р 7Н7.</p> <p>9. Сверлить отв.5, выдерживая р- р 16Н12.</p> <p>10. Сверлить отв. 6 выдерживая р-р 2,1.</p>	

<p>11.Нарезать резьбу в отв.6 М2,5-6Н.</p> <p>12.Сверлить отв.7, выдерживая р-р 2,6 мм.</p> <p>13.Нарезать резьбу в отв.7 М3-6Н.</p>	
045 Слесарная - Верстак	
050 Слесарная - Верстак	
055 Слесарная - Верстак	
<p>060 Фрезерная - станок "Микрон"</p> <p>1.Установить и снять деталь;</p> <p>2.Фрезеровать поверхности 15, 16 и наружный контур пов. 5 предварительно выдерживая размеры по чертежу</p> <p>3.Фрезеровать ребра жесткости и поверхности между ними выдерживая размеры по чертежу</p> <p>4.Фрезеровать занижение на ребрах</p> <p>5.Фрезеровать поверхности 17 (внутренний контур) предварительно, выдерживая размеры по чертежу</p> <p>6.Фрезеровать поверхности 17 (внутренний контур) окончательно</p> <p>7.Фрезеровать поверхности 18 окончательно, выдерживая р-ры $\varnothing 48H8$ и $1,7^{+0,1}$</p> <p>8.Фрезеровать поднутрение R10.</p>	
<p>065 Фрезерная - станок "Микрон"</p> <p>1.Установить и снять</p> <p>2.Фрезеровать пов. 19, выдержав размер $0,5\pm 0,1$ мм</p> <p>3.Зенковать пов. 19</p> <p>4.Сверлить пов. 20; 3 отв. $\varnothing 2,05$ мм</p> <p>5.Нарезать резьбу М2,5-6Н</p> <p>6.Фрезеровать пов. 7 и 8 окончательно, выдержав размер $\varnothing 24H12$</p> <p>7.Фрезеровать выборку шириной $18^{+0,2}$ мм однократно</p>	

8.Фрезеровать 2 скоса под углом 10° 9.Фрезеровать 2 скоса на ребрах, выдерживая размеры по чертежу	
070 Слесарная - Верстак	
075 Фрезерная - станок "Микрон" 1.Установить и снять деталь 2.Фрезеровать занижение R3 3.Сверлить отв. Ø3,0 4.Сверлить отв. Ø2,05 5.Нарезать резьбу M2,5-6H	
080 Фрезерная - станок "Микрон" 1.Установить и снять деталь 2.Фрезеровать занижение R3 3.Сверлить отв. Ø3,0 4.Сверлить отв. Ø2,05 5.Нарезать резьбу M2,5-6H	
085 Слесарная - Верстак	
090 Координатно-расточная - "Хаузер" 1.Установить и снять деталь 2.Фрезеровать пов.17 (внутренний контур) окончательно, выдерживая размеры по чертежу; 3.Фрезеровать поверхности 18 окончательно, выдерживая р-ры 48H8 и 1,7	
095 Слесарная - Верстак	
100 Контроль	
105 Промывка	
110 Покрытие	
115 Контроль	

Решаемые технологические задачи:

1. Операция 005: низкий КИМ. Решение – изменение конфигурации заготовки. Замена прутка по ГОСТ 18351 на литье по ГОСТ 26645-85.

Магниевого сплавы (в своем большинстве) чувствительны к влиянию скорости охлаждения. Так, изменение толщины стенки отливки от 4—10 до 30 мм уменьшает величину предела прочности сплава с 215 до 150 МПа (21,5 до 15 кгс/мм²) и относительное удлинение с 7,5 до 3,5%. Повышение скорости затвердевания магниевых сплавов увеличивает их плотность, измельчает структуру и, следовательно, улучшает механические свойства.

Отливки, изготовленные в кокилях, не только обладают высокими эксплуатационными свойствами, но и имеют хороший внешний вид.

Одной из особенностей отливок из магниевых сплавов является повышенная их склонность к короблению при затвердевании и термической обработке. Поэтому рекомендуется конструировать отливки повышенной жесткости, для чего предусматривать ребра. При этом следует помнить о повышенной склонности магниевых сплавов к горячеломкости. Следовательно, устройство ребер должно быть таким, чтобы не вызывать торможение усадки кокилем.

Применение кокилей позволяет добиться значительного упрощения технологии производства и сокращения стоимости (примерно в 2 раза) отливок из магниевых сплавов. Прежде всего, это объясняется отсутствием химического взаимодействия металла с формой. При заливке в песчаную форму магниевый сплав интенсивно реагирует с влагой, поэтому требуются специальные меры для предупреждения его окисления, что усложняет технологический процесс изготовления отливок. Однако литье в кокиль ввиду пониженных литейных свойств магниевых сплавов (низкая жидкотекучесть, высокие усадка и склонность к образованию горячих трещин) имеет свои сложности, которые проявляются в необходимости строгого регламентирования параметров технологического процесса.

2. Операция 015: низкая производительность, нерациональное использование площадей, низкий уровень автоматизации. Решение – исключение операции в связи с изменением конфигурации заготовки.

3. Операция 015, 020, 025, 030: низкая производительность, нерациональное использование площадей, низкий уровень автоматизации. Решение – концентрация операций, замена устаревшего морально и физически оборудования на обрабатывающий центр.

4. Операция 035, 045: низкая производительность, нерациональное использование площадей, низкий уровень автоматизации, нерациональная схема базирования. Решение – концентрация операций, замена устаревшего морально и физически оборудования на обрабатывающий центр, изменение базирования заготовки при обработке.

5. Операция 060, 080, 085, 090, 100, 105, 115: низкая производительность, нерациональное использование площадей, низкий уровень автоматизации, необходимость спроектировать и изготовить специальный инструмент, применение нескольких приспособлений. Решение - концентрация операций, замена устаревшего морально и физически оборудования на обрабатывающий центр.

Выводы:

1. Исходя из служебного назначения детали, необходимо обеспечить минимальную массу и максимальную прочность. Применение магниевых деформируемых сплавов является обоснованным. Для снижения пожарной опасности предлагается применять специальную СОЖ для обработки магния.

2. Деталь имеет сложную конфигурацию необходимо применение фрезерно-сверлильного обрабатывающего центра для корпусных деталей.

3. Деталь в целом технологична, но имеет один существенный не технологичный элемент – тонкие стенки. Применение высокоскоростной

обработки резанием за счет отвода тепла преимущественно через стружку позволит исключить коробление детали.

4. Исходный технологический процесс содержит 29 различных операций. Механическая обработка детали выполняется на 4 различных станках. Большое число перестановок детали на различное оборудование может привести к снижению точности обработки. Максимальное количество операций предлагается объединить, применяя принцип концентрации операций, с целью экономии производственных площадей, уменьшения количества квалифицированных станочников, вспомогательного персонала, экономии ресурсов, снижения себестоимости изготовления детали «Фланец» и получения максимальной прибыли.

1.6 Выбор и обоснование предлагаемого варианта маршрутного технологического процесса

Одним из основных принципов построения технологических процессов является принцип совмещения технических, экономических и организационных задач, решаемых в данных производственных условиях. Это применение более производительного оборудования, станков с ЧПУ; разработка приспособления, позволяющего обработать деталь на обрабатывающем центре без дополнительных установов; применение современного режущего инструмента; применение СОЖ; повышение концентрации операций.

Проанализируем проектируемые операции.

1. 2 отв. М2,5-6Н и занижение с R3 под головку винта требует дополнительных установов и выставки детали.
2. Деталь имеет тонкостенная, что затрудняет обработку.

3. Для обработки поднутрения с R10 необходима спец. грибковая фреза.
 4. Жесткость детали. Деталь имеет тонкие стенки;
 5. Обрабатываемый материал деформируемый сплав МА2-1:
 - обработка деталей из магниевых сплавов должна вестись только острым, заточенным инструментом;
 - при обработке возможно самовозгорание, опасность взрыва магниевой пыли.
 6. Точность детали. Размер 48H8;
 9. Качество поверхностей. Шероховатость $Ra\ 2,5$ (рисунок 1.4).
- Для удобства пронумеруем обрабатываемые поверхности.

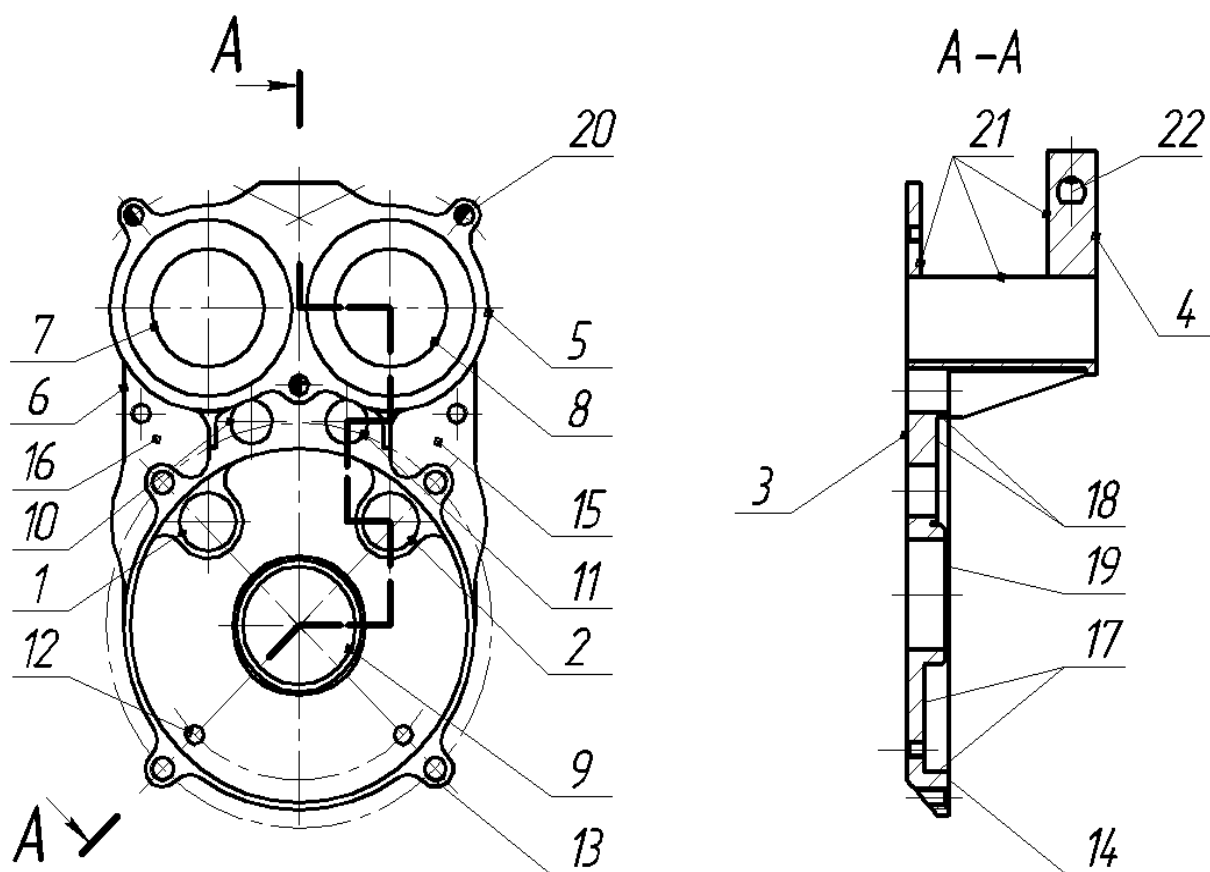


Рисунок 1.4 - Нумерация основных поверхностей

Таблица 1.7 Этапы обработки технологического процесса

Наименование этапа	Номер и наименование операции	Номера основных поверхностей						Цель операции
		Внутрен- ние цил.		Плоские		Другие		
		1	2	3	4	5	6	
		Заданный по чертежу квалитет и шероховатость						
		Ra 2.5 IT7	Ra 2.5 IT7	Ra 2.5 IT12	Rz 40 IT12	Rz 40 IT12	Rz 40 IT12	
		Выполняемые по технологии квалитет и шероховатость						
		1	2	3	4	5	6	
Черновой этап	015 Фрезерная с ПУ			Rz40 IT12	Rz80 IT14			1. Подготовка поверхности й под следующую обработку 2. Подготовка баз
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чистовой этап	025 Фрезерная с ПУ	Ra2.5 IT7	Ra2.5 IT7	Ra2.5 IT12			Rz40 IT12	1. Подготовка баз 2. Обеспечение требований чертежа
Окончательна я обработка	035 Фрезерная с ПУ					Rz40 IT12		Обеспечение требований чертежа
Окончательна я обработка	045 Фрезерная с ПУ					Rz40 IT12		Обеспечение требований чертежа

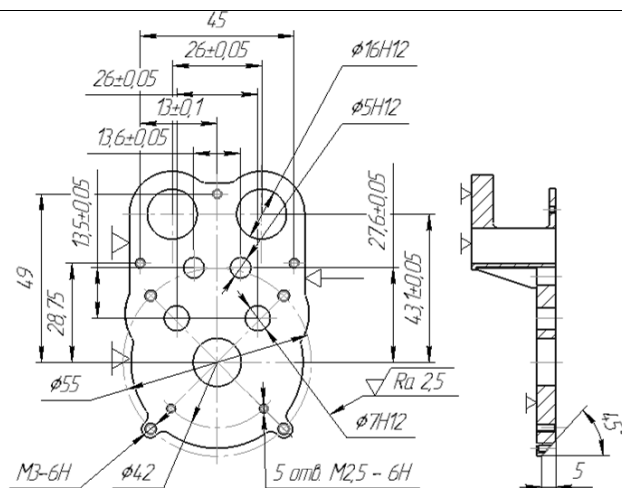
Объём обработки назначается по этапу, соответствующему заданному состоянию поверхности на чертеже детали.

Если шероховатость поверхности и точность (квалитет) попадают в разные этапы, то номер этапа принимается по более жёстким требованиям.

Таблица 1.8 - Технологическая карта обработки детали из литой заготовки

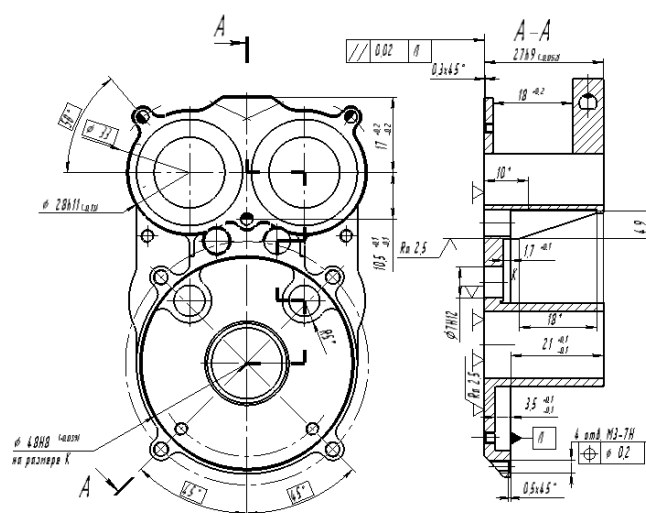
Название операции и ее содержание	Операционный эскиз
<p>005 Заготовительная</p> <p>1. Отлить заготовку согласно чертежу.</p>	
<p>010 Фрезерная с ПУ</p> <p>1. Установить и снять.</p> <p>2. Фрезеровать пов.4, выдерживая размер 28,6h14, согласно эскизу.</p> <p>3. Фрезеровать пов.3 предварительно, выдерживая размер 27,4h14, согласно эскизу.</p> <p>4. Фрезеровать пов.3 окончательно, выдержав p-p 27h9.</p>	
<p>015 Слесарная</p>	
<p>020 Фрезерная с ПУ</p> <p>1. Установить и снять деталь.</p> <p>2. Фрезеровать наружный контур предварительно согласно эскизу, выдерживая размеры согласно чертежу.</p> <p>3. Фрезеровать наружный контур окончательно согласно эскизу, выдерживая размеры согласно чертежу.</p> <p>4. Сверлить пов.9 отв. 14,2H12.</p> <p>5. Зенкеровать пов.9 отв. 15H12.</p> <p>6. Сверлить пов.10 и 11, выдерживая p-p 5H12.</p> <p>7. Сверлить пов. 1 и 2, выдерживая p-p 6,8H12.</p>	

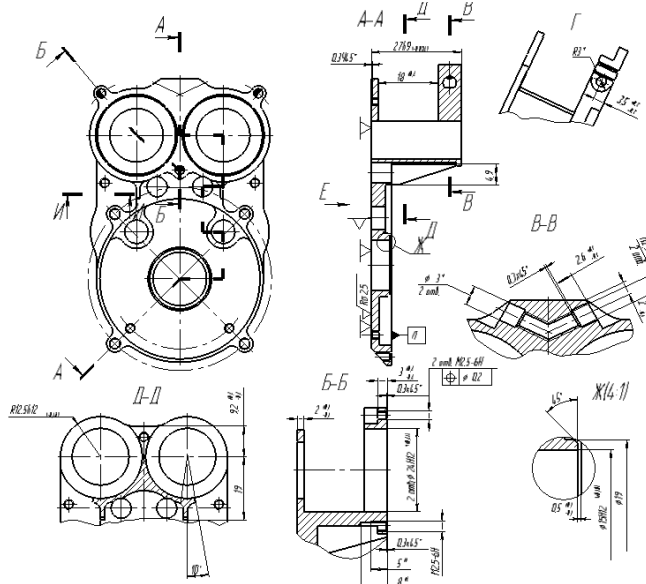
8. Развернуть пов. 1 и 2, выдерживая р-р 7Н7.
9. Сверлить пов. 7 и 8, выдерживая р-р 16Н12.
10. Сверлить пов. 12, 5 отв. выдерживая р-р 2,1.
11. Нарезать резьбу 5 отв. М2,5-6Н.
12. Сверлить пов. 13, 4 отв., выдерживая р-р 2,6 мм.
13. Нарезать резьбу 4 отв. М3-6Н.
14. Фрезеровать фаску 5x45.



Операция 030 Фрезерная с ПУ

1. Установить и снять деталь;
2. Фрезеровать поверхности 15, 16 и наружный контур пов. 5 предварительно выдерживая размеры по чертежу
3. Фрезеровать ребра жесткости и поверхности между ними выдерживая размеры по чертежу
4. Фрезеровать занижение на ребрах
5. Фрезеровать поверхности 17 (внутренний контур) предварительно, выдерживая размеры по чертежу
6. Фрезеровать поверхности 17 (внутренний контур) окончательно
7. Фрезеровать поверхности 18 окончательно, выдерживая р-ры Ø48H8 и 1,7^{+0.1}
8. Фрезеровать поднутрение R10.



<p>Операция 040 Фрезерная с ПУ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить и снять 2. Фрезеровать пов. 19, выдержав размер $0,5 \pm 0,1$ мм 3. Зенковать пов. 19 4. Сверлить пов. 20; 3 отв. $\varnothing 2,05$ мм 5. Нарезать резьбу М2,5-6Н 6. Фрезеровать пов. 7 и 8 окончательно, выдержав размер $\varnothing 24H12$ 7. Фрезеровать выборку шириной $18^{+0,2}$ мм однократно 8. Фрезеровать 2 скоса под углом 10° 9. Фрезеровать 2 скоса на ребрах, выдерживая размеры по чертежу 10. Фрезеровать занижение R3 11. Сверлить отв. $\varnothing 3,0$ 12. Сверлить отв. $\varnothing 2,05$ 13. Нарезать резьбу М2,5-6Н 	
Оперция 045 Слесарная	
Оперция 050 Контрольная	
Оперция 055 Моечная	
Оперция 060 Покрытие	
Оперция 065 Контрольная	

1.7 Обоснование выбора баз

Принципы выбора черновых баз:

- а) для надёжного базирования и закрепления черновая база должна иметь ровную поверхность, достаточные размеры и низкую шероховатость без следов литниковых систем, разъемов штампов;
- б) у корпусных деталей первой обрабатывается поверхность, которая затем будет являться установочной базой.
- в) в качестве черновых баз следует выбирать поверхности, которые затем остаются необработанными. Это обеспечивает точность взаимного положения обработанных и необработанных поверхностей.

Принципы выбора чистовых баз:

1. Принцип совмещения баз: в качестве технологических баз следует выбирать поверхности, которые совпадают с измерительными и конструкторскими базами.
2. Принцип постоянства баз: число комплектов баз при обработке должно быть минимальным, несколько операции должны выполняться с одного комплекта баз.

Классификация используемых баз по ГОСТ 21495-76:

1. Установочная база: лишает заготовку 3-х степеней свободы – перемещения вдоль одной оси и вращения вокруг двух других осей.
2. Направляющая база: лишает заготовку 2-х степеней свободы – перемещения вдоль одной оси и вращения вокруг другой оси.
3. Опорная база: лишает заготовку 1-й степени свободы – перемещения вдоль одной оси.

Таблица 1.9. Поверхности, используемые для базирования

№ операции	Поверхности, используемые в качестве баз	Количество лишаемых степеней свободы
015	3 – Установочная	3
	Плоскость заготовки - Направляющая	2
	Плоскость заготовки - Опорная	1
025	4 – Установочная	3
	Плоскость заготовки - Направляющая	2
	Плоскость заготовки - Опорная	1
035	3 – Установочная	3
	1 – Направляющая	2
	15 – Опорная	1
045	3 – Установочная	3
	1 – Направляющая	2
	15 – Опорная	1

Принятые схемы базирования:

1. В машинных тисках – характеризуется простотой установки;
2. В специальном приспособлении.

Принятые схемы базирования:

Для базирования заготовок корпусных деталей совмещают установочную, измерительную и сборочную базы.

На операциях 010, 020 базирование заготовки осуществляется в машинных тисках. Схема базирования приведена на Рис.1.5.

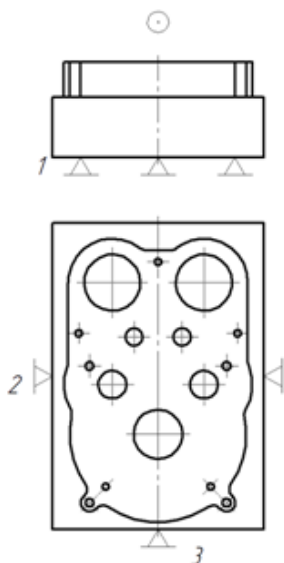


Рисунок - 1.5. Схема базирования на операциях 010, 020

На операции 030 и 040 базирование осуществляется в специальном приспособлении по плоскости и двум базовым отверстиям. Схема базирования приведена на Рис.1.6.

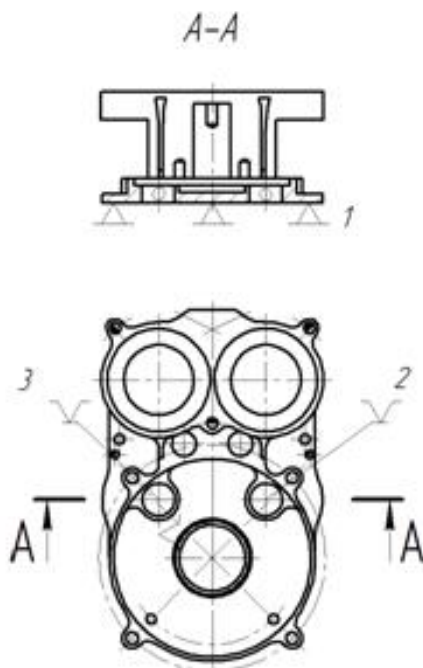


Рисунок 1.6 - Схема базирования детали на операциях 030 и 040

1.8 Обоснование выбора инструмента

Инструмент выбирается согласно принятым при синтезе маршрута методам получения поверхностей по материалам [1, 6] с учётом следующих правил:

1. Размеры инструмента должны быть оптимальными:

При торцовом фрезеровании диаметр фрезы должен быть в 1,2-1,5 раза больше ширины фрезерования для полного перекрытия обрабатываемой поверхности.

При цилиндрическом фрезеровании фреза должна полностью перекрывать обрабатываемую поверхность.

При контурном фрезеровании диаметр концевой фрезы должен обеспечивать достаточную жёсткость и возможность получения заданных размеров радиусов.

При сверлении и нарезании резьбы метчиком диаметр инструмента равняется диаметру обрабатываемого отверстия, длина должна быть достаточной для выхода стружки.

2. Материал инструмента должен соответствовать обрабатываемому материалу. В данном случае материал детали – сплав магния, инструментальный материал, соответственно – быстрорежущая сталь марки Р6М5, в состав которой входит: углерод 0,86%, вольфрам 6%, молибден 5%, хром 4,1%, ванадий 1,9%, кобальт до 0,5%, остальное – железо [20, стр. 29] или иностранные аналоги.

Крепление режущего инструмента: конус шпинделя ISO 40. У нас выбран вспомогательный инструмент с конусностью 7:24.

Для инструмента с конусом Морзе используются переходные втулки.

Для обработки детали «Фланец» в основном применяются концевые фрезы.

Это наиболее распространенный инструмент для станков с ЧПУ. Для чистовой обработки диаметр концевой фрезы выбирается по номинальному размеру наименьшего радиуса сопряжения элементов, образующих вогнутость на контуре, т.е. радиус концевой фрезы должен быть не больше наименьшего радиуса кривизны вогнутого контура.

Диаметр черновой фрезы выбирается из условия доступа инструмента во внутренние острые углы контура. При этом желательно, чтобы оставляемый во внутренних углах контура припуск не превышал $(0,15-0,25) \cdot D$, где D – диаметр инструмента, применяемый на чистовом переходе.

Исходя из обрабатываемого материала применяются специальные фрезы по DIN 844 – В для обработки цветных металлов.

Материал режущего инструмента: HSS Co 8 (аналог, хотя и немного отличающийся от отечественного) применяется прежде всего для прерывистого реза, при фрезеровании.

Таблица 1.10. Параметры режущего инструмента

№ операции	Инструмент	Диаметр, мм	Код
010	Фреза торцовая	80	ISO 21 3700
020	Фреза торцовая	80	ISO 21 3700
	Фреза концевая	10	ISO 19 1320
	Фреза концевая	5	ISO 19 1320
	Сверло	2,05	ISO 11 3150
	Сверло	2,5	ISO 11 3150
	Сверло	5,0	ISO 11 3150
	Сверло	6,8	ISO 11 3150
	Развертка	7H7	ISO 16 2900
	Зенкер	15	ISO 39 1610
	Зенкер	16	ISO 39 1610
030	Фреза концевая	10	ISO 19 1320
	Фреза концевая	5	ISO 19 1320
	Сверло	2,05	ISO 11 3150
	Сверло	2,05	ISO 11 4000
	Фреза грибковая	20	-

	Фреза Фреза	6 3	ISO 19 1320 ISO 19 1320
040	Фреза концевая Фреза концевая Сверло Сверло Фреза Фреза Зенковка	10 5 2,05 2,05 6 3 30	ISO 19 1320 ISO 19 1320 ISO 11 3150 ISO 11 4000 ISO 19 1320 ISO 19 1320 ISO 39 1690

1.9 Технологическое оборудование

Обоснование выбора

Технологическое оборудование выбирается согласно принятым методам обработки поверхностей (торцовое и цилиндрическое фрезерование, контурное фрезерование, растачивание, сверление, цекование, нарезание резьбы метчиком). При этом учитываются следующие факторы:

размеры стола станка должны быть в 1,2-1,5 раза больше габаритных размеров детали для обеспечения возможности установки и закрепления на столе приспособления;

мощность двигателя главного привода станка должна быть достаточной для принятого метода обработки;

габаритные размеры и масса станка должны быть наименьшими.

Для всех операций выбираем универсальный станок с наклонно-поворотным столом с ЧПУ для пятисторонней обработки вертикальный фрезерный обрабатывающий центр U-Compact SPINNER U 5 – 620.

U5-620 с ЧПУ Siemens с системой ЧПУ840DE-SolutionLine - 5-ти осевой вертикально-фрезерный обрабатывающий центр повышенной точности, производства Германии.

Серия U – высокотехнологичные вертикальные обрабатывающие центры 5-и осевой обработки, компактная жёсткая конструкция станка, большая рабочая зона, шпиндель до 20 000 об/мин, эффективная высокоскоростная обработка. С новой версией программного обеспечения SHOP-MILL вер. 7.1; доступно только в системах ЧПУ нового поколения Siemens 840D-SolutionLine CNC с 2-осевым ЧПУ-управляемым наклонно-поворотным столом D=650 мм; встроенный в конструкцию станины, макс. нагрузка на стол: 300 кг

Преимущества выбранного технологического оборудования

Обе поворотные оси могут использоваться для интерполяции и фрезерования вместе с другими осями. 5-ти осевая одновременная интерполяция возможна только с дополнительными опциями ЧПУ (см. перечень опций)

Фрезерный шпиндель до 12,000 об/мин с прямым приводом;

Перемещения: X=620 мм, Y=520 мм, Z=460 мм, C=360°, B=+50°/-110°; скорость быстрых перемещений 48 м/мин. Конус шпинделя SK40.

Устройство для обдува конуса шпинделя

Высокоскоростная двурычажная система смены инструмента на 32 позиции.

Высокоточные направляющие качения по всем 3 осям

Комплект регулировочных опор для выравнивания станка и гашения вибраций

Скребковый транспортер стружки + полное ограждение рабочей зоны с окном + система подачи СОЖ + рабочее освещение + комплект для подключения к пневмосистеме.

Гидравлическая система и охлаждение фрезерного шпинделя.

Гидрозажим обеих поворотных осей.

Особенности:

Самая современная система управления Siemens 840D-SolutionLine Operate

Компактная конструкция

Отличный доступ к рабочей зоне через угловые двери

Стандартно 24 позиции инструмента в инструментальном магазине

Конвейер стружки как стандарт

5-осевая обработка с одновременной интерполяцией по 4 осям

Низкая стоимость

Таблица 1.9 - Технические характеристики вертикального обрабатывающего центра U-Compact SPINNER U 5 - 620

	U5-620
Основные данные	
Перемещение по оси X, мм	620
Перемещение по оси Y, мм	520
Перемещение по оси Z, мм	460
Скорость быстрых перемещений, м/мин	30
Размеры стола, мм	2-х осевой управляемый ЧПУ наклонно-поворотный стол Ø=650 мм (внутреннее кольцо Ø500 мм)
Шпиндель	
Скорость шпинделя, об/мин	10.000
Мощность шпинделя (при S1-100%/S6-10%), кВт	9/19
Момент шпинделя (при S1-100%/S6-10%), Нм	57/175
Конус шпинделя	SK40
Поворотный стол	
Ø центрального отверстия, мм	Ø50H7 x 30
Передаточное отношение	1 : 120
Мин. дискретность, град.	0,001
Скорость, об/мин	16
Макс. нагрузка на стол, кг	500
Автоматическая смена инструмента	
Число инструментов	24
Макс. диаметр инструмента, мм	76 / 127
Макс. длина инструмента, мм	290
Макс. вес инструмента, кг	7
Другие данные	
Система ЧПУ	Siemens 840D SolutionLine
Масса станка*, кг	6.850
Габариты (ДхШхВ), м	2,25x2,36x2,8



Рисунок 1.7 - Обрабатывающий центр SPINNER U 5 - 620

СОЖ для обработки магния. Общее описание

Концентрат TRIM E705 - высококачественное растворимое масло, требующее минимального обслуживания даже в самых требовательных системах контроля и очистки СОЖ.

Имея широкий спектр применения для обработки различных материалов, TRIM E705 разработана специально для работы с магниевыми сплавами.

1. Обеспечивает защиту от коррозии;
2. Запах мягкий аминовы;
3. Рекомендуемая концентрация 5-7%;
4. Ph 8-8,9%;
5. Работает в жесткой воде нет сепарации при высокой концентрации Mg;
6. EP-присадки без хлора и сульфатов контролируют образование нароста на режущей кромке;

7. Легко очищается и утилизируется стандартными техническими средствами. Очень стабильная формула обеспечивает беспрецедентно долгий срок службы и предсказуемое поведение эмульсии.
8. Быстрое смачивание обеспечивает проникновение эмульсии в точку резания и полное покрытие инструмента и заготовки, а также надежную защиту от коррозии.
9. Совместима с алюминиевыми и стальными сплавами, чугуном, желтыми металлами и магнием.
10. Долгая и надежная работа без дополнительных затрат на специализированные присадки.

Ultracut 390H - Универсальная, полусинтетическая СОЖ на водной основе с 40% содержанием масла

1. Обеспечивает защиту от коррозии;
2. Отсутствие запаха;
3. Рекомендуемая концентрация 5-7%;
4. Ph 8-8,9%;
5. Предназначена для обработки магния и широкого спектра черных и цветных металлов при легкой и средней нагрузке.

1.10 Расчет припусков

Расчет припусков на обработку цилиндрических поверхностей ведем путем составления таблиц, в которые последовательно записываем технологический маршрут обработки поверхности и все значения элементов припуска.

Расчет минимальных значений припусков для поверхностей типа «тело вращения» производим, пользуясь основной формулой (учитывая малую

вероятность совпадения направления погрешность заготовки из-за коробления ρ_{i-1} и погрешности установки ε_i):

$$2z_{\min.i} = 2 \cdot \left(R_{z,i-1} + T_{\partial,i-1} + \sqrt{(\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2)} \right), \quad (1.1)$$

где: $2z_{\min.i}$ – минимальный припуск на диаметр для рассматриваемой обработки, мкм;

$R_{z,i-1}$ – шероховатость поверхности после предыдущей обработки, мкм;

$T_{\partial,i-1}$ – толщина дефектного слоя после предыдущей обработки, мкм;

ρ_{i-1} – погрешность заготовки из-за коробления после предыдущей обработки, мкм;

ε_i – погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой (во время рассматриваемой обработки).

Расчет минимальных значений припусков для тел вращения можно производить и с учетом совпадения направлений ρ_{i-1} и ε_i :

$$2z_{\min.i} = 2 \cdot (R_{z,i-1} + T_{\partial,i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i), \quad (1.2)$$

Расчет минимальных значений припусков для поверхностей не тел вращения производим с учетом совпадения направлений ρ_{i-1} и ε_i :

$$z_{\min.i} = R_{z,i-1} + T_{\partial,i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i, \quad (1.3)$$

Суммарное значение R_z и T_d , характеризующее качество поверхности заготовок из проката определяем по табл.27 [1, стр. 66]. Для каждого последующего технологического перехода эти значения определяем по табл.29 [1, стр. 67].

Суммарное отклонение погрешности для отливок по короблению и смещению ρ определяем по формуле:

$$\rho = \sqrt{(\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2)}, \quad (1.4)$$

где: $\rho_{см}$ – погрешность заготовки по смещению относительно оси в радиальном направлении;

$\rho_{кор}$ – погрешность заготовки по короблению.

Суммарное отклонение погрешности по смещению ρ для проката определяем по формуле:

$$\rho = \sqrt{C_0^2 + (\Delta_y \cdot l)^2}, \quad (1.5)$$

где: C_0 – смещение оси отверстия при сверлении;

Δ_y – удельный увод сверла.

Таблица 1.11 - Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности (уточненный)

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск 2z _{min} , мкм	Принятый размер d _p , мм	Допуск T, мкм	Предельный размер, мм		
	R _Z	T	ρ	ε				d _{min}	d _{max}	
Поверхность Ø48H8 ^(+0,039)										
Фрезерование черновое (H11)	100	100	144	120	-	46,8H11	160	46,812	46,972	
Фрезерование получистовое (H9)	40	40	31	20	2·364=728	47,7H9	62	47,716	47,778	
Фрезерование чистовое (H8)	25	20	-	-	2·111=222	48H8	39	48,0	48,039	
Поверхность Ø7H7 ^(+0,015)										
Сверление (H14)	40	100	-	-	нет предв. обраб.отв	6,8H12	150	6,72	6,87	
Разворачивание	25	20	-	-	2·140= =280	7H7	15	7,0	7,015	
Поверхность Ø15H12 ^(+0,18)										
Сверление (H14)	40	100	144	120	нет предв. обраб.отв	14,2H14	430	14,432	14,862	
Зенкерование	25	20	-	-	2·284= =568	15H12	180	15,0	15,18	
Поверхность Ø16H12 ^(+0,21)										
Сверление (H14)	40	100	144	120	нет предв. обраб.отв	15,2H14	430	15,432	15,862	
Зенкерование	25	20	-	-	2·284= =568	16H12	180	16,0	16,18	
Поверхность Ø24H12 ^(+0,21)										
Сверление (H14)	40	100	144	120	нет предв. обраб.отв	23,2H14	520	23,432	23,862	
Фрезерование	25	20	-	-	2·284= =568	24H12	210	24,0	24,21	

Поверхность 27h9 _(-0,52)									
Заготовительная	40	160	900	100		32±1,0	1000	29,53	30,53
Фрезерование черновое	40	160	600	100	900	28,6h14	620	28,01	28,6
Фрезерование черновое	40	160	300	100	600	27,4h12	210	27,2	27,41
Фрезерование чистовое	10	160	-	-	200	27h9	52	26,948	27,0
Линейные размеры									
Фрезерование чистовое	20	40	-	52	напуск	21±0,1	-	-	-
Фрезерование чистовое	6	6	-	52	напуск	3,5±0,1	-	-	-
Фрезерование чистовое	6	6	-	52	напуск	1,7 ^{+0,1}	-	-	-
Фрезерование чистовое	40	50	-	52	напуск	0,5±0,1	-	-	-

Расчет припусков при обработке отверстия Ø48H8.

Суммарное отклонение погрешности по короблению и смещению ρ определяем по формуле :

$$\rho = \sqrt{(\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2)},$$

где: $\rho_{см}$ – погрешность заготовки по смещению относительно оси в радиальном направлении;

$\rho_{кор}$ – погрешность заготовки по короблению.

Находим величину остаточного пространственного отклонения после сверления отверстия.

Погрешность заготовки по смещению: $\rho_{см} = 0,1 \text{ мм} = 100 \text{ мкм}$.

Погрешность заготовки по короблению определяется произведением длины заготовки ℓ на удельную кривизну Δ_k , зависящую от метода получения заготовки на предыдущей операции.

$$\rho_{кор} = \Delta_k \times \ell = 1,0 \cdot 85 = 85 \text{ мкм}.$$

Суммарное отклонение погрешности по короблению и смещению:

$$\rho = \sqrt{(100^2 + 85^2)} = 131,24 \text{ мкм} \approx 140 \text{ мкм}$$

Находим величину остаточного пространственного отклонения после сверления заготовки:

$$\rho_{locm} = \sqrt{(C_0^2 + (\Delta_y \times \ell)^2)} = \sqrt{(30^2 + (0,7 \times 3,5)^2)} = 31 \text{ мкм}.$$

Суммарное отклонение погрешности:

$$\rho = \sqrt{140^2 + 31^2} = 144 \text{ мкм}$$

Так как заготовка крепится в зажимном приспособлении, то определяем погрешность установки по формуле:

$$\varepsilon_i = \sqrt{(\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2)} = \varepsilon_z = 120 \text{ мкм},$$

где погрешность базирования $\varepsilon_{\delta} \rightarrow 0$ (т.к. при установке заготовки в приспособление технологическая база совпадает с конструкторской); погрешность закрепления в универсальном зажимном приспособлении $\varepsilon_z = 120$ мкм.

Для детали «Фланец» определяем минимальные припуски для обработки отверстия $\varnothing 48\text{H}8^{(+0,039)}$:

под предварительную фрезеровку отверстия (по 11 качеству) после снятия напуска:

$$2z_{\min.2} = 2 \cdot (100 + 100 + \sqrt{144^2 + 20^2}) = 691 \text{ мкм};$$

под окончательную фрезеровку отверстия (по 8 качеству) после предварительной фрезеровки:

$$2z_{\min.2} = 2 \cdot (40 + 40 + \sqrt{31^2 + 0}) = 222 \text{ мкм}.$$

Расчет припусков при обработке отверстия $\varnothing 7\text{H}7$.

Находим величину остаточного пространственного отклонения после сверления отверстия.

Погрешность заготовки по смещению: $\rho_{см} = 0,1 \text{ мм} = 100 \text{ мкм}$.

Погрешность заготовки по короблению определяется произведением длины заготовки ℓ на удельную кривизну Δ_k , зависящую от метода получения заготовки на предыдущей операции.

$$\rho_{кор} = \Delta_k \times \ell = 0,15 \cdot 27 = 4,05 \text{ мкм}.$$

Суммарное отклонение погрешности по короблению и смещению:

$$\rho = \sqrt{(100 + 4,05)} = 100,1 \text{ мкм} \approx 100 \text{ мкм}$$

Находим величину остаточного пространственного отклонения после сверления заготовки:

$$\rho_{locm} = \sqrt{(C_0^2 + (\Delta_y \cdot \ell)^2)} = \sqrt{15^2 + (1,7 \cdot 27)^2} = 48 \text{ мкм}.$$

Суммарное отклонение погрешности:

$$\rho = \sqrt{(100^2 + 48^2)} = 111 \text{ мкм}.$$

Так как заготовка крепится в тисках, то определяем погрешность установки по формуле:

$$\varepsilon_i = \sqrt{(\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2)} = \varepsilon_3 = 100 \text{ мкм},$$

где погрешность базирования $\varepsilon_6 \rightarrow 0$ (т.к. при установке заготовки в приспособление технологическая база совпадает с конструкторской); погрешность закрепления в тисках $\varepsilon_3 = 100$ мкм. Но для отверстий до 7 мм, эти выкладки неверны.

Для детали «Корпус» определяем минимальные припуски для обработки отверстия $\varnothing 7H7^{(+0,015)}$:

под зенкерования отверстия (по 12 качеству) после сверления в сплошном материале:

$$2z_{\min.2} = 2 \cdot (40 + 100) = 280 \text{ мкм}.$$

Расчет припусков при обработке корпуса по толщине $27h12_{(-0,21)}$

Остаточные погрешности коробления можно рассчитать по формулам:

$$\rho_{2 \text{ ост}} = 1,2 \cdot (0,1 \cdot \rho_{\text{кор}} + 0,15 \cdot L) = 1,2 \cdot (0,1 \cdot 6,24 + 0,15 \cdot 90) = 17 \text{ мкм};$$

$$\rho_{1 \text{ ост}} = 0,003 \cdot \rho_{\text{кор}} + 0,1 \cdot L = 0,003 \cdot 6,24 + 0,1 \cdot 90 = 9 \text{ мкм}.$$

Не будем их учитывать вследствие их малых значений.

Из справочника находим погрешности закрепления ε_i при установке в тисках в первой и второй операции. Все эти величины подставляем в формулу для расчета минимального припуска:

под фрезерование поверхности 4 (по 14 качеству):

$$z_{\min i} = Rz_{i-1} + T_{\text{def } i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 40 + 160 + 600 + 100 = 900 \text{ мкм};$$

под фрезерование поверхности 3 (по 12 качеству):

$$z_{\min i} = 40 + 160 + 300 + 100 = 600 \text{ мкм.}$$

под фрезерование чистовое поверхности 3 (по 12 качеству):

$$z_{\min i} = 40 + 160 = 200 \text{ мкм.}$$

1.11 Расчет технологических размеров при обработке отверстия Ø48H8

Расчет технологических размеров определяем из размерного анализа технологического процесса обработки, для чего составляем размерные цепи. Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке отверстия Ø48H8(^{+0,039}) (рисунок

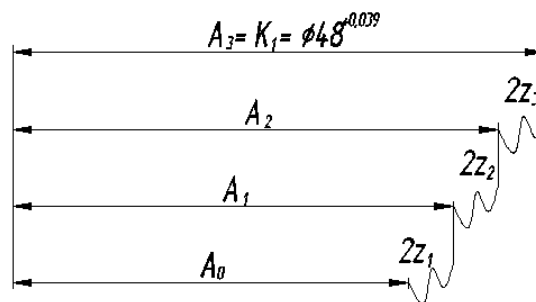


Рисунок 1.8 - Размерные цепи для расчета технологических размеров при обработке отверстия Ø48H8

Находим технологический размер A_2 , используя размерную цепь №1:

$$2z_{3\min} = A_{3\max} - A_{2\max};$$

$$A_{2\max} = A_{3\max} - 2z_{3\min} = 48,0 - 0,222 = 47,778 \text{ мм};$$

$$A_{2\min} = A_{3\max} - TA_3 = 47,778 - 0,062 = 47,716 \text{ мм};$$

$$A_{2\text{ расч}} = 47,755^{+0,062} \text{ мм} - \text{после фрезерования чистового.}$$

Округляем номинальный размер в меньшую сторону (так как припуск можно только увеличивать) с точностью до десятых долей миллиметра:

Находим технологический размер A_1 , используя размерную цепь:

$$A_{1\max} = A_{2\max} - 2z_{2\min} = 47,7 - 0,728 = 46,972\text{mm};$$

$$A_{1\min} = A_{1\max} - TA_1 = 47,972 - 0,16 = 46,312 \text{ mm};$$

$$A_{расч} = 46,312^{+0,16} \text{ мм} - \text{ после чернового фрезерования.}$$

Округляем номинальный размер (округление делаем в меньшую сторону) с точностью до десятых долей миллиметра:

$A = 46,3^{(+0,16)}$ мм – принятый технологический размер, получаемый
е чернового фрезерования.

Находим технологический размер A_0 (диаметр отверстия в заготовке), используя размерную цепь (делается это при обработке внутреннего контура в заготовке снятием напуска):

$$A_{0\max} = A_{1\max} - 2z_{1\min} = 46,972 - 1,972 = 45 \text{ mm};$$

$$A_{0\min} = A_{0\max} - TA_0 = 45 - 1,1 = 43,9 \text{ mm},$$

где $TA_0 = 1100$ мкм – допуск на черновое фрезерование контура в заготовке (по 16 качеству).

$A_{0расч} = 43,9^{+1,6}$ мм – можно сказать – на черновое обтачивание контура.

Более наглядно расчётную схему можно представить в виде полей припусков и допусков (см. рис. 1.9).

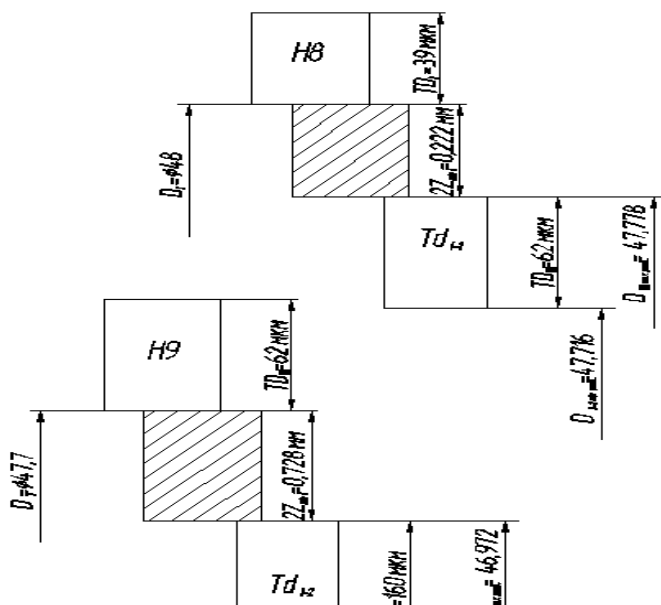


Рисунок 1.9 - Поле припусков и допусков технологических размеров при обработке внутренней поверхности $\varnothing 48H8$

1.12 Расчет технологических размеров при обработке корпуса по толщине $27h9$

Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке Корпуса по толщине $27h9 (-0,052)$ (рис. 1.10).

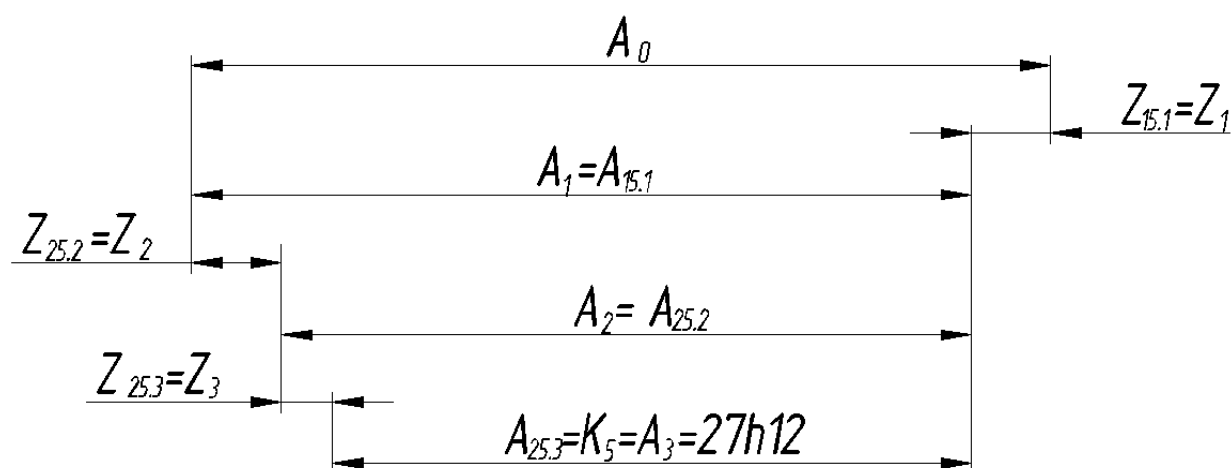


Рис. 1.10 - Размерные цепи для расчета технологических размеров при обработке Корпуса по толщине $27h9$

1. Находим технологический размер A_3 , используя размерную цепь:

$$z_{3\min} = A_{2\min} - A_{3\max};$$

$$A_{2\min} = A_{3\max} + z_{3\min} = 27,0 + 0,200 = 27,2 \text{ мм};$$

$$A_{2\max} = A_{3\min} + TA_2 = 27,2 + 0,21 = 27,41 \text{ мм},$$

где $TA_2 = 0,210$ мм (допуск 12 квалитета для размера 27,0 мм, интервал размеров в таблице допусков от 18 до 30 мм).

$A_{2 \text{ расч}} = 27,4_{-0,21}$ мм – после чернового фрезерования поверхности 3.

При этом учитываем, что $A_3 = K_5 = A_{25,3} = 27h9_{(-0,052)}$ мм – после чистового фрезерования (после снятия припуска z_3 получаем готовую деталь).

Принимаем $A_2 = A_{25,2} = 27,4h12_{(-0,21)}$ мм – предварительно принятый технологический размер, получаемый после чернового фрезерования поверхности 3.

2. Находим технологический размер A_1 , используя размерную цепь:

$$z_{2\min} = A_{1\min} - A_{2\max};$$

$$A_{1\min} = A_{2\max} + z_{2\min} = 27,4 + 0,6 = 28,0 \text{ мм};$$

$$A_{1\max} = A_{1\min} + TA_1 = 28,0 + 0,620 = 28,62 \text{ мм},$$

где $TA_1 = 0,620$ мм (допуск 14 квалитета для размера больше 27 мм, интервал размеров в таблице допусков от 18 до 30 мм).

$A_{1 \text{ расч}} = 28,62_{-0,62}$ мм.

Принимаем $A_1 = A_{25,1} = 28,6h14_{(-0,62)}$ мм – предварительно принятый технологический размер, получаемый после чернового фрезерования поверхности 4.

3. Находим технологический размер A_0 (толщину заготовки Корпуса - плиты), используя размерную цепь №3:

$$z_{1\min} = A_{0\min} - A_{1\max};$$

$$A_{0\min} = A_{1\max} + z_{1\min} = 28,6 + 0,9 = 29,5 \text{ мм};$$

$$A_{0\max} = A_{0\min} + TA_0 = 29,5 + 1,0 = 30,5 \text{ мм};$$

$A_{0 \text{ расч}} = 30,5_{-1,0} \text{ мм.}$

Принимаем $A_0 = 31h15_{(-1,0)} \text{ мм.}$ Толщина плиты – $32 \pm 1,0 \text{ мм.}$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при черновом фрезеровании поверхности 4:

$$Z_{1\min} = A_{0\min} - A_{1\max} = 29,5 - 28,6 = 0,9 \text{ мм;}$$

$$Z_{1\max} = A_{0\max} - A_{1\min} = 33 - 28,0 = 5 \text{ мм.}$$

Глубина резания при обточке торца: $t = z$.

Тогда наибольшая возможная глубина резания t_{\max} (необходима для расчета наибольшей возможной силы резания для расчета приспособления на усилие зажима): $t_{\max} = z_{1\max} = 5 \text{ мм.}$

Наименьшая глубина резания: $t_{\min} = z_{1\min} = 0,9 \text{ мм.}$

Средняя глубина резания $t_{\text{ср}}$ (необходима для расчета скорости резания):

$$t_{\text{ср}} = (t_{\max} + t_{\min})/2 = (5 + 0,9)/2 = 2,95 \text{ мм.}$$

Более наглядно расчётную схему можно представить в виде полей припусков и допусков.

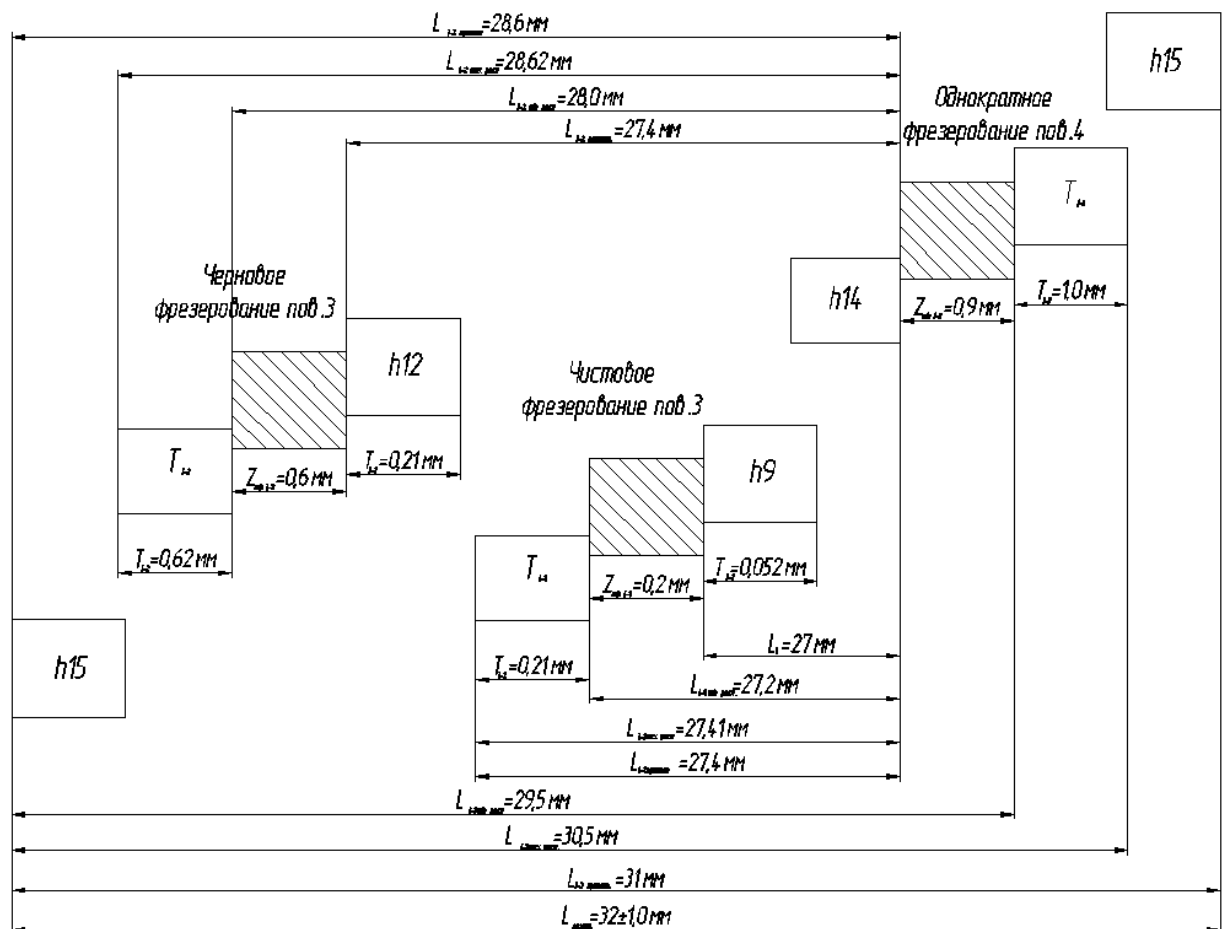


Рис. 1.11 Поле припусков и допусков технологических размеров при обработке наружной поверхности 27h9

1.13 Размерный анализ технологического процесса

Вычерчиваем комплексную схему обработки детали.

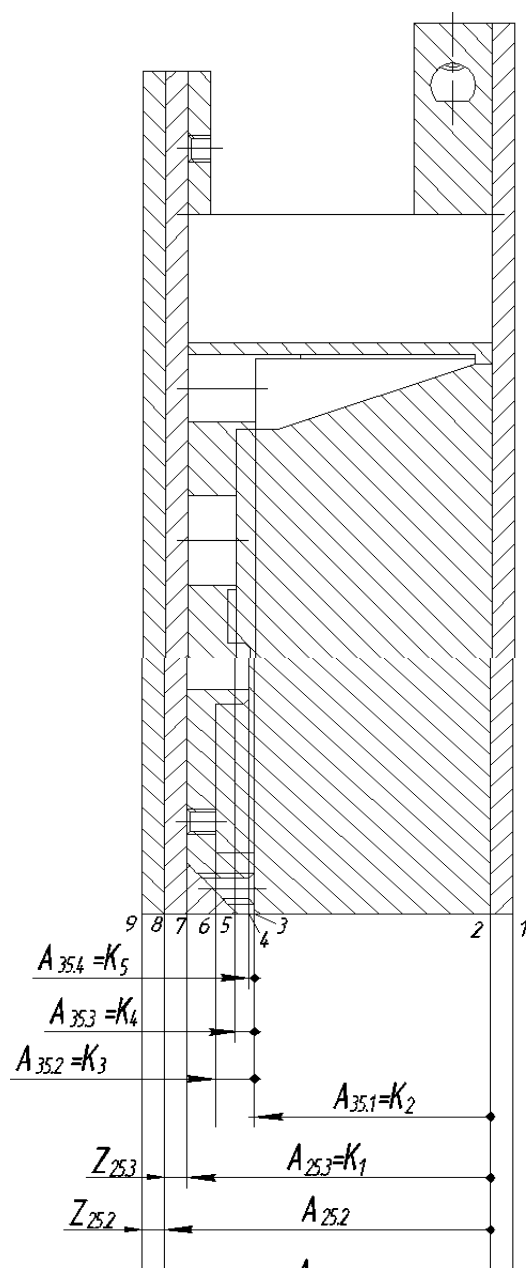


Рисунок 1.12 - Комплексная схема обработки детали «Фланец»

Составляющими звеньями в технологических размерных цепях обычно является технологические размеры, которые указаны в технологической документации (размеры исходной заготовки; все размеры получаемые при механической обработке). Технологические размеры могут совпадать с размерами, указанными на чертеже, т.е. с конструкторскими размерами. В таком случае говорят, что конструкторские размеры выдерживаются непосредственно, и рассчитывать ничего не надо.

При несовпадении технологического размера с конструкторским необходимо выявить размерную цепь, в которую входит рассматриваемый конструкторский размер и технологические размеры, необходимые для его выполнения. В этом случае замыкающими звеньями в технологических размерных цепях являются конструкторские размеры, но могут быть и припуски на обработку. Так как для конструкторского размера заданы номинальный размер и отклонения, то такие замыкающие размеры называются исходными, т.е. исходя из них требуется рассчитать номинальные размеры и отклонения технологических размеров. Мы последовательно рассматриваем размерные цепи с одним неизвестным технологическим размером и рассчитываем номинальный размер и отклонения этого звена. Если неизвестных размеров несколько, то рассчитываем допуски на неизвестные размеры (обычно методом равной

точности), а затем мы задаем номинальные размеры и отклонения на все неизвестные технологические размеры кроме одного, относительно которого и будет делаться решение.

Исходными данными для размерного анализа являются:

1. Чертеж детали;
2. Чертеж исходной заготовки;
3. Технологический процесс обработки заготовки.

Окончательный расчет припусков на обработку

Окончательно расчёт припусков выполняем после размерного анализа и определения технологических размеров.

Последовательно рассматриваем размерные цепи с одним неизвестным технологическим размером.

Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $z_{25.3}$ (рис.1.13). В этой цепи неизвестен только один искомый размер $z_{25.3}$. Технологический размер $A_{25.3}$ должен быть равен конструкторскому размеру $K_1 = 27h9_{(-0,052)}$:

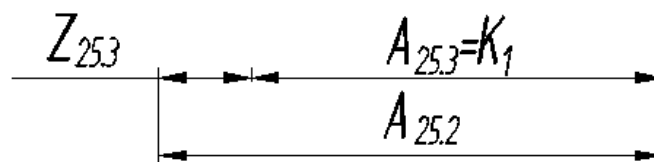


Рисунок 1.13 - Размерная цепь для расчета припуска $z_{25.3}$

$$A_{25.3} = K_1 = 27h9_{(-0,052)}.$$

$$A_{25.2} = 27,4h12_{(-0,21)}.$$

Минимальный припуск $z_{25.3 \min}$ ранее уже был рассчитан, однако необходимо сделать перерасчет припусков, так как исполнительные размеры уточнялись, и изменялись как номинальные размеры, так и их отклонения.

Рассчитываем минимальный припуск $z_{25.3}$ исходя из уточненных (скорректированных) исполнительных технологических размеров:

$$Z_{25.3 \min} = A_{25.2 \min} - A_{25.3 \max} = 27,19 - 27 = 0,19 \text{ мм.}$$

Рассчитываем наибольший припуск при обработке (используется при расчете сил резания и усилия закрепления в приспособлении):

$$Z_{25.3 \max} = A_{25.2 \max} - A_{25.3 \min} = 27,4 - 26,948 = 0,452 \text{ мм.}$$

Таким образом: $z_{25.3} = 0,4^{+0,052}_{-0,21} \text{ мм}$

Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $z_{25.2}$ (рис.1.14). В этой цепи неизвестен только один искомый размер $z_{25.2}$.

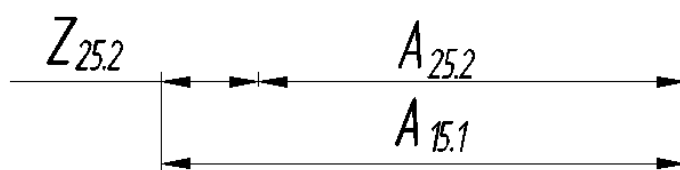


Рисунок 1.14 - Размерная цепь для расчета припуска $z_{25.2}$

$$A_{25.2} = 27,4h12(-0,21).$$

$$A_{15.1} = 28,6h14(-0,62).$$

Минимальный припуск $z_{25.3 \min}$ ранее уже был рассчитан, однако необходимо сделать перерасчет припусков, так как исполнительные размеры уточнялись, и изменялись как номинальные размеры, так и их отклонения.

Рассчитываем минимальный припуск $z_{25.2}$ исходя из уточненных (скорректированных) исполнительных технологических размеров:

$$Z_{25.2 \min} = A_{15.1 \min} - A_{25.2 \max} = 27,98 - 27,4 = 0,58 \text{ мм.}$$

Рассчитываем наибольший припуск при обработке (используется при расчете сил резания и усилия закрепления в приспособлении):

$$Z_{25.2 \max} = A_{15.1 \max} - A_{25.2 \min} = 28,6 - 27,19 = 1,41 \text{ мм.}$$

Таким образом: $z_{25.2} = 1,2^{+0,21}_{-0,62} \text{ мм}$

Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $z_{15.1}$ (рис.1.15). В этой цепи неизвестен только один искомый размер $z_{15.1}$.

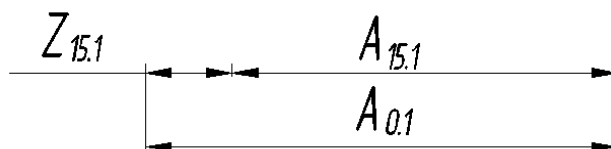


Рисунок 1.15 - Размерная цепь для расчета припуска $z_{25.2}$

$$A_{15.1} = 28,6h14(-0,62).$$

$$A_{0.1} = 32 \pm 1,0.$$

Минимальный припуск $z_{15.1 \min}$ ранее уже был рассчитан, однако необходимо сделать перерасчет припусков, так как исполнительные размеры уточнялись, и изменялись как номинальные размеры, так и их отклонения.

Рассчитываем минимальный припуск $z_{15.1}$ исходя из уточненных (скорректированных) исполнительных технологических размеров:

$$Z_{15.1 \min} = A_{0.1 \min} - A_{15.1 \max} = 31 - 28,6 = 2,4 \text{ мм.}$$

Рассчитываем наибольший припуск при обработке (используется при расчете сил резания и усилия закрепления в приспособлении):

$$Z_{15.1 \max} = A_{0.1 \max} - A_{15.1 \min} = 33 - 27,98 = 5,02 \text{ мм.}$$

Таким образом: $z_{25.2} = 4,4^{+0,62}_{-2,0} \text{ мм.}$

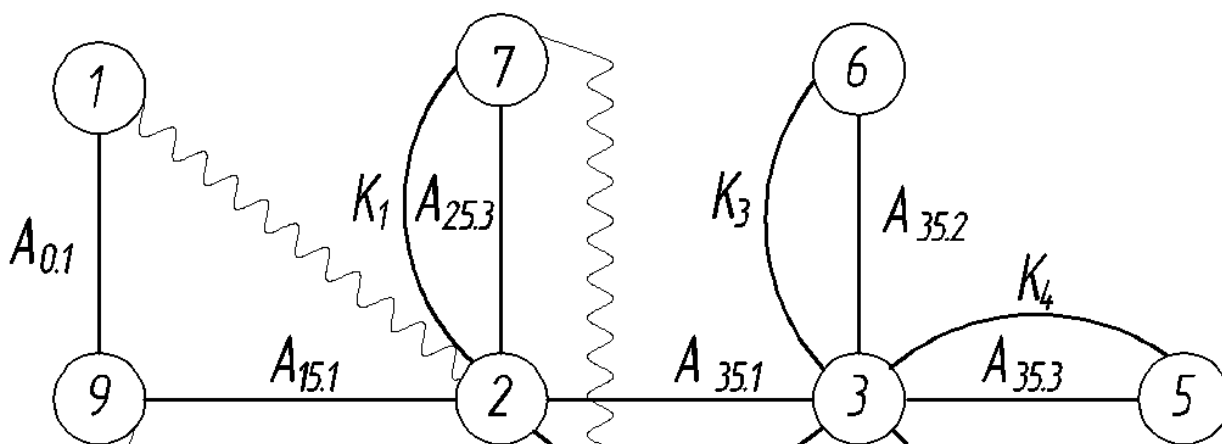


Рисунок 1.16 - Граф-дерево размерных цепей

1.14 Расчет режимов резания

1.14.1 Расчет режимов резания для операции 010 Фрезерной

При назначении элементов режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Станок – обрабатывающий центр

1 Переход: Фрезеровать плоскость – поверхность 4.

Расчет ведется по методике [4]

1) Глубина резания $t = 4,4$ мм

2) Диаметр торцовой фрезы.

При торцовом фрезеровании диаметр фрезы D , мм определяется по формуле:

$$D = (1,25 \dots 1,5) \cdot B, \quad (1.6)$$

где B – ширина фрезерования, мм.

$$D = (1,25 \dots 1,5) \cdot 60 = 75 \dots 90 \text{ мм.}$$

Принимаем $D = 80 \text{ мм.}$

3) Подача.

При черновом фрезеровании плоскостей и уступов выбираем подачу для торцевой фрезы насадной по табл. 76 [4, табл.76, стр.403]:

подача на зуб: $S_z = 0,4 \text{ мм/зуб.}$

4) Скорость резания, м/мин при фрезеровании

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (1.7)$$

где t, s, D – глубина резания, подача, диаметр фрезы;

T – период стойкости фрезы; $T=180 \text{ мин}$ [4, табл.82, стр.411];

B – ширина фрезерования, мм;

z – число зубьев фрезы, $z = 10$.

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в [4, табл.82, стр.411];

$$C_v=155; q=0,25; x = 0,1; y=0,4; m=0,2; u=0,15; p=0.$$

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (1.8)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$$K_{mv}=1,0 \text{ [4, табл.4, стр.360];}$$

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$$K_{nv}=1,0;$$

K_{uv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента; $K_{uv}=1,0$.

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

$$V_1 = \frac{155 \cdot 80^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 4,4^{0,1} \cdot 0,4^{0,4} \cdot 60^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 1,0 = 89,3 \text{ м/мин}$$

4) Частота вращения шпинделя определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.9)$$

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 89,3}{3,14 \cdot 80} = 355 \text{ об/мин.}$$

5) Сила резания определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \quad (1.10)$$

где C_p — коэффициент [1, табл. 83, стр. 412];

t — глубина резания, мм;

S_z — подача на зуб, мм/зуб;

B — ширина фрезерования, мм;

z — количество ножей;

D — диаметр фрезы, мм;

n — частота вращения шпинделя, об/мин;

K_{mp} — поправочный коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала [1, табл. 10, стр. 363].

Показатели степеней определяются по [1, табл. 83, стр. 412].

Окружную силу P_z при фрезеровании магниевых сплавов рассчитывают, как для стали, с введением коэффициента 0,25.

$$C_p = 82,5$$

$$x = 0,95$$

$$y = 0,8$$

$$u = 1,1$$

$$q = 1,1$$

$$w = 0$$

$$K_{mp} = 1,0$$

Тогда:

$$P_{z1} = \frac{10 \cdot 825 \cdot 4,4^{0,95} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 60^{1,1} \cdot 10}{80^{1,1}} \cdot 1,0 \cdot 0,25 = 2947 \text{ Н.}$$

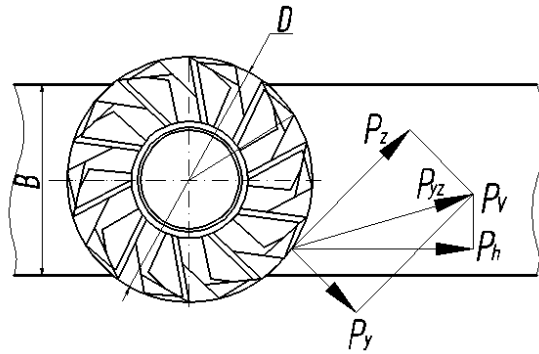


Рисунок 1.17 - Составляющие силы резания при торцовом фрезеровании
Относительные значения составляющих сил резания при симметричном фрезеровании:

$$\frac{P_h}{P_z} = 0,35; P_h = P_z \cdot 0,35 = 2947 \cdot 0,35 = 1032 \text{ Н};$$

$$\frac{P_v}{P_z} = 0,9; P_v = P_z \cdot 0,9 = 2947 \cdot 0,9 = 2652 \text{ Н};$$

$$\frac{P_y}{P_z} = 0,35; P_y = P_z \cdot 0,35 = 2947 \cdot 0,35 = 1032 \text{ Н}.$$

6) Крутящий момент определяется по формуле

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \quad (1.11)$$

$$M_{кр1} = \frac{2947 \cdot 80}{2 \cdot 100} = 1179 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

7) Эффективная мощность резания определяется по формуле:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.12)$$

$$N_{e1} = \frac{2947 \cdot 89,3}{1020 \cdot 60} = 4,3 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{cm} \cdot \eta$$

где $N_{\text{ст}}$ – мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,9$ – КПД привода.

Выбранный станок U-Compact SPINNER U 5 – 620 имеет номинальную мощность двигателя 13 кВт, с учётом КПД: $N_{\text{ст.}} = 13 \cdot 0,9 = 11,7$ кВт.

$$4,3 \text{ кВт} < 11,7 \text{ кВт}.$$

1 Переход: Фрезеровать плоскость – поверхность 3 предварительно.

- 1) Глубина резания $t = 1,2$ мм.
- 2) Диаметр торцевой фрезы $D = 80$ мм..
- 3) Подача.

При черновом фрезеровании плоскостей и уступов выбираем подачу для торцевой фрезы насадной по табл. 76 [4, табл.76, стр.403]:

подача на зуб: $S_z = 0,4$ мм/зуб.

- 4) Скорость резания, м/мин при фрезеровании

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где t, s, D – глубина резания, подача, диаметр фрезы;

T – период стойкости фрезы; $T=180$ мин [4, табл.82, стр.411];

B – ширина фрезерования, мм;

z – число зубьев фрезы, $z = 10$.

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в [4, табл.82, стр.411];

$$C_v=155; q=0,25; x = 0,1; y=0,4; m=0,2; u=0,15; p=0.$$

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$$K_{mv}=1,0 \text{ [4, табл.4, стр.360];}$$

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$$K_{nv}=1,0;$$

K_{uv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента; $K_{uv}=1,0$.

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

$$V_1 = \frac{155 \cdot 80^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 1,2^{0,1} \cdot 0,4^{0,4} \cdot 60^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 1,0 = 102 \text{ м/мин}$$

4) Частота вращения шпинделя определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 102}{3,14 \cdot 80} = 406 \text{ об/мин.}$$

5) Сила резания определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp},$$

где C_p – коэффициент [1, табл. 83, стр. 412];

t – глубина резания, мм;

s_z – подача на зуб, мм/зуб;

B – ширина фрезерования, мм;

z – количество зубьев;

D – диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

K_{mp} – поправочный коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала [1, табл. 10, стр. 363].

Показатели степеней определяются по [1, табл. 83, стр. 412].

Окружную силу P_z при фрезеровании магниевых сплавов рассчитывают, как для стали, с введением коэффициента 0,25.

$$C_p = 82,5$$

$$x = 0,95$$

$$y = 0,8$$

$$u = 1,1$$

$$q = 1,1$$

$$w = 0$$

$$K_{MP} = 1,0$$

Тогда:

$$P_{z1} = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 1,2^{0,95} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 60^{1,1} \cdot 10}{80^{1,1}} \cdot 1,0 \cdot 0,25 = 857 \text{ Н.}$$

Относительные значения составляющих сил резания при симметричном фрезеровании:

$$\frac{P_h}{P_z} = 0,35; P_h = P_z \cdot 0,35 = 857 \cdot 0,35 = 300 \text{ Н};$$

$$\frac{P_v}{P_z} = 0,9; P_v = P_z \cdot 0,9 = 857 \cdot 0,9 = 771 \text{ Н};$$

$$\frac{P_y}{P_z} = 0,35; P_y = P_z \cdot 0,35 = 857 \cdot 0,35 = 300 \text{ Н}.$$

6) Крутящий момент определяется по формуле

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100},$$

$$M_{кр1} = \frac{857 \cdot 80}{2 \cdot 100} = 343 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

7) Эффективная мощность резания определяется по формуле:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$N_{e1} = \frac{857 \cdot 102}{1020 \cdot 60} = 1,43 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{cm} \cdot \eta$$

где N_{cm} — мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,9$ — КПД привода.

Выбранный станок U-Compact SPINNER U 5 – 620 имеет номинальную мощность двигателя 13 кВт, с учётом КПД: $N_{ст.} = 13 \cdot 0,9 = 11,7$ кВт.

$$1,43 \text{ кВт} < 11,7 \text{ кВт}.$$

4.Переход: Фрезеровать плоскость – поверхность 3 окончательно (чистовая).

- 1) Глубина резания $t = 0,4$ мм.
- 2) Диаметр торцевой фрезы $D = 80$ мм.
- 3) Подача.

При чистовом фрезеровании плоскостей для торцевой фрезы насадной по табл. 79 [4, табл.76, стр.405]:

подача на оборот $S = 0,5$ мм/об; на зуб: $S_z = 0,5/10 = 0,05$ мм/зуб.

- 4) Скорость резания, м/мин при фрезеровании

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где t, s, D – глубина резания, подача, диаметр фрезы;

T – период стойкости фрезы; $T=180$ мин [4, табл.82, стр.411];

B – ширина фрезерования, мм;

z – число зубьев фрезы, $z = 10$.

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в [4, табл.82, стр.411];

$$C_v=155; q=0,25; x = 0,1; y=0,4; m=0,2; u=0,15; p=0.$$

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$$K_{mv}=1,0 \text{ [4, табл.4, стр.360];}$$

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$$K_{nv}=1,0;$$

K_{uv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента; $K_{uv}=1,0$.

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

$$V_2 = \frac{155 \cdot 80^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 0,4^{0,1} \cdot 0,05^{0,4} \cdot 60^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 1,0 = 262 \text{ м/мин}$$

4) Частота вращения шпинделя определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 262}{3,14 \cdot 80} = 1043 \text{ об/мин.}$$

5) Сила резания определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp},$$

Показатели степеней определяются по [1, табл. 83, стр. 412].

Окружную силу P_z при фрезеровании магниевых сплавов рассчитывают, как для стали, с введением коэффициента 0,25.

$$C_p = 82,5$$

$$x = 0,95$$

$$y = 0,8$$

$$u = 1,1$$

$$q = 1,1$$

$$w = 0$$

$$K_{MP} = 1,0$$

Тогда:

$$P_{z2} = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 0,4^{0,95} \cdot 0,05^{0,8} \cdot 60^{1,1} \cdot 10}{80^{1,1}} \cdot 1,0 \cdot 0,25 = 57,5 \text{ Н.}$$

Относительные значения составляющих сил резания при симметричном фрезеровании:

$$\frac{P_h}{P_z} = 0,35; P_h = P_z \cdot 0,35 = 57,5 \cdot 0,35 = 20 \text{ Н};$$

$$\frac{P_v}{P_z} = 0,9; P_v = P_z \cdot 0,9 = 57,5 \cdot 0,9 = 52H;$$

$$\frac{P_y}{P_z} = 0,35; P_y = P_z \cdot 0,35 = 57,5 \cdot 0,35 = 20H.$$

6) Крутящий момент определяется по формуле

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100},$$

$$M_{кр2} = \frac{57,5 \cdot 80}{2 \cdot 100} = 23 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

7) Эффективная мощность резания определяется по формуле:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$N_{e1} = \frac{57,5 \cdot 262}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{cm} \cdot \eta$$

где N_{cm} – мощность главного электродвигателя в кВт;

$\eta = 0,9$ – КПД привода.

Выбранный станок U-Compact SPINNER U 5 – 620 имеет номинальную мощность двигателя 13 кВт, с учётом КПД: $N_{cm} = 13 \cdot 0,9 = 11,7 \text{ кВт}.$

$$1,43 \text{ кВт} < 11,7 \text{ кВт}.$$

1.14.2 Расчет режимов резания для операции 020 Фрезерной

2 Переход: фрезеровать наружный контур детали предварительно.

1 Переход фрезеровать наружный контур детали окончательно

Расчет ведется по методике [4]. Результаты расчета режимов резания при фрезеровании наружного контура концевой фрезой сведены в таблицу:

Таблица 1.11 – Расчет режимов резания

№ пер.	D, мм	B, мм	t, мм	S _z , мм/зуб	V, м/мин.	n мм/об.	P _z , Н	M _{кр.} , Н·м	N _е , кВт
2	10	10	4,5	0,05	86	2738	446	22,3	0,62
3	5	10	0,5	0,01	125,6	8000	38,4	0,96	0,08

Скорость резания по формуле (1.7):

$$V_3 = \frac{185,5 \cdot 10^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 4,5^{0,3} \cdot 0,05^{0,2} \cdot 10^{0,1} \cdot 3^{0,1}} \cdot 1,0 = 86 \text{ м/мин.}$$

$$V_4 = \frac{185,5 \cdot 5^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 0,5^{0,3} \cdot 0,01^{0,2} \cdot 10^{0,1} \cdot 3^{0,1}} \cdot 1,0 = 198 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя по формуле (1.9):

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 86}{\pi \cdot 10} = 2738 \text{ об/мин.}$$

$$n_3 = 2700 \text{ об/мин.}$$

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 198}{\pi \cdot 5} = 12611 \text{ об/мин.}$$

n_3 корректируем по паспорту станка. Принимаем $n_4 = 8000$ об/мин.

Уточняем скорость резания по принятому числу оборотов шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000},$$

$$V_4 = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 8000}{1000} = 125,6 \text{ м / мин,}$$

Сила резания определяется по формуле (1.10):

$$P_{z3} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4,5^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 10^1 \cdot 3}{10^{0,86}} \cdot 1,5 \cdot 0,25 = 446 \text{ Н.}$$

$$P_{z4} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,5^{0,86} \cdot 0,01^{0,72} \cdot 10^1 \cdot 3}{5^{0,86}} \cdot 1,5 \cdot 0,25 = 38,4 \text{ Н.}$$

Крутящий момент определяется по формуле (1.11):

$$M_{кр3} = \frac{446 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 22,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{кр4} = \frac{38,4 \cdot 5}{2 \cdot 100} = 0,96 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Эффективная мощность резания определяется по формуле (1.12):

$$N_{e3} = \frac{446 \cdot 86}{1020 \cdot 60} = 0,62 \text{ кВт.}$$

$$N_{e4} = \frac{38,5 \cdot 125,6}{1020 \cdot 60} = 0,08 \text{ кВт.}$$

4 переход: Сверлить 2 отв. Ø14,2 мм;

6 переход: Сверлить 2 отв. Ø5 мм;

7 переход: Сверлить отв. Ø6,8 мм;

9 переход: Сверлить 2 отв. Ø16 мм;

10 переход: Сверлить 4 отв. Ø2,1 мм;

12 переход: Сверлить 5 отв. Ø2,6 мм.

Расчет ведется по методике [4]. Результаты расчета режимов резания при сверлении спиральным сверлом из быстрорежущей стали сведены в таблицу:

Таблица 1.12

№ пер.	D, мм	t, мм	S, мм/об	T, мин.	V _ф , м/мин.	n _ф мм/об.
4	14,2	7,1	0,2	35	88	4122
6	5	2,5	0,4	60	69	1446
7	7	3,5	0,4	60	79	1722
9	16	8	0,18	20	100	6370
10	2,1	1,05	0,09	20	96	8000
12	2,6	1,3	0,09	20	101	8000

1) Глубина резания.

При сверлении глубина резания

$$t = 0,5 \cdot D; \quad (1.13)$$

2) Подача.

При сверлении отверстий без ограничивающих факторов выбираем максимально допустимую по прочности сверла подачу [4, табл.35, стр.381].

3) Скорость резания, м/мин при сверлении

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.13)$$

где t , s , D – глубина резания, подача, диаметр отверстия;

T – период стойкости сверла, [4, табл.40, стр.384];

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в [4, табл.38, стр.383].

Для переходов 8 и 10:

$$C_v=40,7; q=0,25; y=0,4; m=0,125$$

Для остальных переходов:

$$C_v=36,3; q=0,25; y=0,55; m=0,125$$

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} ,$$

где K_{mv} – коэффициент на обрабатываемый материал [1, табл. 4, стр. 360];

K_{uv} – коэффициент на инструментальный материал [1, табл. 6, стр. 361].

K_{lv} – коэффициент, учитывающий глубину сверления [1, табл. 41, стр. 385];

Для переходов 10 и 12:

$$K_{mv}=1,0; K_{uv}=1,0; K_{lv}=0,85$$

$$K_v=1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85=0,85.$$

Для остальных переходов:

$$K_{mv}=1,0; K_{uv}=1,0; K_{lv}=1,0$$

$$K_v=1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0=1,0.$$

$$V_4 = \frac{36,3 \cdot 6,8^{0,25}}{35^{0,125} \cdot 0,2^{0,55}} \cdot 1,0 = 88 \text{ м / мин}$$

$$V_6 = \frac{40,7 \cdot 15,2^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,4^{0,4}} \cdot 1,0 = 69 \text{ м / мин}$$

$$V_7 = \frac{40,7 \cdot 14,2^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,4^{0,4}} \cdot 1,0 = 79 \text{ м / мин}$$

$$V_9 = \frac{36,3 \cdot 5^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,18^{0,55}} \cdot 1,0 = 100 \text{ м / мин}$$

$$V_{10} = \frac{36,3 \cdot 2,05^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,09^{0,55}} \cdot 0,85 = 96 \text{ м / мин}$$

$$V_{12} = \frac{36,3 \cdot 2,5^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,09^{0,55}} \cdot 0,85 = 101 \text{ м / мин.}$$

4) Частота вращения шпинделя определяется по формуле (1.9):

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 88}{3,14 \cdot 6,8} = 4122 \text{ об/мин}$$

$$n_6 = \frac{1000 \cdot 69}{3,14 \cdot 15,2} = 1446 \text{ об/мин}$$

$$n_7 = \frac{1000 \cdot 79}{3,14 \cdot 14,2} = 1772 \text{ об/мин}$$

$$n_9 = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 5} = 6370 \text{ об/мин}$$

$$n_{10} = \frac{1000 \cdot 96}{3,14 \cdot 2,05} = 14914 \text{ об/мин.}$$

$$n_{12} = \frac{1000 \cdot 101}{3,14 \cdot 2,5} = 12866 \text{ об/мин.}$$

n_{10}, n_{12} корректируем по паспорту станка. Принимаем $n_{13,15} = 8000 \text{ об/мин.}$

Уточняем скорость резания по принятому числу оборотов шпинделя по формуле (1.7):

$$V_{10} = \frac{3,14 \cdot 2,05 \cdot 8000}{1000} = 51,5 \text{ м / мин.}$$

$$V_{12} = \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 8000}{1000} = 62,8 \text{ м / мин.}$$

8 Переход. Развернуть отв. Ø7Н7

1) Глубина резания. $t = 0,1 \text{ мм.}$

2) Подача. $s = 0,18 \text{ мм/об, } s_z = 0,18/6 = 0,03 \text{ мм/зуб.}$

3) Скорость резания, м/мин при развертывании.

При развертывании для расчёта скорости резания согласно [1, стр. 382] используется следующая зависимость:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \quad (1.1)$$

Показатели степеней определяются по [1, табл. 38, стр. 383].

$$\begin{aligned} C_V &= 23,2 & q &= 0,2 & m &= 0,3 & y &= 0,5 \\ x &= 0,1 & T &= 25 \text{ мин} \\ K_V &= 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0 \end{aligned}$$

$$V = \frac{23,2 \cdot 7^{0,2}}{25^{0,3} \cdot 0,1^{0,1} \cdot 0,18^{0,5}} \cdot 1,0 = 38,5 \text{ мм/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 38,5}{3,14 \cdot 7} = 1750 \text{ об/мин.}$$

Для расчёта мощности резания (эффективной) согласно [1, стр. 386] используется следующая зависимость:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750}$$

в которой на основании [1, стр. 385]

$$M_{kp} = \frac{C_P \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} \quad (1.25)$$

где C_P – коэффициент [1, табл. 42, стр. 386];

D – диаметр развертки, мм;

S – подача на оборот, мм/об;

Показатели степеней определяются по [1, табл. 42, стр. 386].

$$\begin{aligned} C_P &= 40 \\ q &= 2,0 & y &= 0,75 & x &= 1,0 \end{aligned}$$

Тогда:

$$M_{kp} = \frac{40 \cdot 0,1^{1,0} \cdot 0,18^{0,75} \cdot 7 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 0,23 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$N_e = \frac{0,23 \cdot 1750}{9750} = 0,04 \text{ кВт.}$$

5 Переход. Зенкеровать поверхность 9 (Ø15H12).

1) Глубина резания $t = 0,4$ мм.

2) Подача $s = 1,0$ мм/об [1, табл. 36, стр. 382].

3) При зенкеровании для расчёта скорости резания согласно [1, стр. 382]

используется следующая зависимость:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

Показатели степеней определяются по [1, табл. 38, стр. 383].

$$C_v = 18,8 \quad q = 0,2 \quad m = 0,125 \quad y = 0,4$$

$$x = 0,1 \quad T = 60 \text{ мин}$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

$$V_s = \frac{18,8 \cdot 15^{0,2}}{60^{0,125} \cdot 0,4^{0,1} \cdot 1,0^{0,4}} \cdot 1,0 = 21,3 \text{ мм / мин}$$

$$n_s = \frac{1000 \cdot 21,3}{3,14 \cdot 15} = 453 \text{ об / мин.}$$

Для расчёта мощности резания (эффективной) согласно [1, стр. 386]

используется следующая зависимость:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750}$$

в которой на основании [1, стр. 385]

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p \quad (1.36)$$

где C_M – коэффициент [1, табл. 42, стр. 386];

D – диаметр зенкера, мм;

S – подача на оборот, мм/об;

Показатели степеней определяются по [1, табл. 42, стр. 386].

$$C_M = 0,031 \quad q = 2,0 \quad y = 0,8 \quad x = 1,0$$

Тогда:

$$M_{k5} = 10 \cdot 0,031 \cdot 15^{2,0} \cdot 0,4^{1,0} \cdot 1,0^{0,8} \cdot 1,0 = 27,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$N_{e5} = \frac{27,9 \cdot 453}{9750} = 1,3 \text{ кВт.}$$

14 переход: Фрезеровать фаски 5х45°

Режимы резания выбираем по табл. [29].

- 1) Подача – 0,05 мм/зуб.
- 2) Скорость резания – 140 м/мин.
- 3) Частота вращения шпинделя – 4450 об/мин.

11 и 13 переход. Нарезать резьбу М2,5-6Н и М3-6Н.

- 1) Подача $s = 0,1$ мм/об [1, табл. 36, стр. 382].

Таблица 1.14

№ пер.	D, мм	S, мм/об	T, мин.	V _ф , м/мин.	n _ф мм/об.
11	M2,5	0,1	60	4,9	625
13	M3	0,1	60	6,0	643

3) При нарезании резьбы для расчёта скорости резания согласно [1, стр. 432] используется следующая зависимость:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v$$

Показатели степеней определяются по [1, табл. 120, стр. 433].

$$C_v = 20,0 \quad q = 1,2 \quad m = 0,9 \quad y = 0,5$$

$$T = 60 \text{ мин}$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

$$V_{11} = \frac{20 \cdot 2,5^{1,2}}{60^{0,9} \cdot 0,1^{0,5}} \cdot 1,0 = 4,9 \text{ мм / мин}$$

$$V_{13} = \frac{20 \cdot 3^{1,2}}{60^{0,125} \cdot 0,1^{0,5}} \cdot 1,0 = 6,0 \text{ мм / мин}$$

$$n_{11} = \frac{1000 \cdot 4,9}{3,14 \cdot 2,5} = 625 \text{ об / мин.}$$

$$n_{13} = \frac{1000 \cdot 6,0}{3,14 \cdot 3,0} = 643 \text{ об / мин.}$$

Для расчёта мощности резания (эффективной) согласно [1, стр. 432] используется следующая зависимость:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{975} \quad (1.16)$$

в которой на основании [1, стр. 432]

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p$$

где C_M – коэффициент [1, табл. 120, стр. 433];

D – диаметр метчика, мм;

P – шаг резьбы;

Показатели степеней определяются по [1, табл.120, стр. 433].

$$C_M = 0,0022 \quad q = 1,8 \quad y = 1,5$$

Тогда:

$$M_{kp11} = 10 \cdot 0,0022 \cdot 2,5^{1,8} \cdot 0,45^{1,5} \cdot 1,0 = 0,035 H \cdot м$$

$$M_{kp13} = 10 \cdot 0,0022 \cdot 3,0^{1,8} \cdot 0,5^{1,5} \cdot 1,0 = 0,056 H \cdot м$$

$$N_{e11} = \frac{0,035 \cdot 625}{975} = 0,022 \text{ кВт.}$$

$$N_{e13} = \frac{0,056 \cdot 643}{975} = 0,04 \text{ кВт.}$$

1.14.3 Расчет режимов резания для операции 030 Фрезерной

2 Переход фрезеровать наружный контур детали

Скорость резания, м/мин при фрезеровании определяется по формуле 1,7:

$$V_2 = \frac{185,5 \cdot 5^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 0,5^{0,3} \cdot 0,01^{0,2} \cdot 7^{0,1} \cdot 3^{0,1}} \cdot 1,0 = 206 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя определяется по формуле 5.4:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 206}{\pi \cdot 5} = 13121 \text{ об/мин.}$$

n_3 корректируем по паспорту станка. Принимаем $n_3 = 8000$ об/мин.

$$M_{кp2} = \frac{39,5 \cdot 5}{2 \cdot 100} = 0,98 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Эффективная мощность резания определяется по формуле 5.7:

$$N_{e2} = \frac{39,5 \cdot 125,6}{1020 \cdot 60} = 0,08 \text{ кВт.}$$

2 Переход: фрезеровать плоскость поверхность 14, выдерживая размер $21 \pm 0,1$.

Расчет ведется по методике [4].

Ширина фрезерования $B = 21$ мм

Глубина резания $t = 10,0$ мм

Диаметр концевой фрезы $\varnothing 10$ мм.

Подача.

При фрезеровании плоскостей и уступов выбираем подачу для концевой фрезы [4, табл.76, стр.403]:

подача на зуб: $S_z = 0,05$ мм/зуб.

Скорость резания, м/мин при фрезеровании:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где t, s, D – глубина резания, подача, диаметр фрезы;

T – период стойкости фрезы; $T=180$ мин [4, табл.82, стр.411];

B – ширина фрезерования, мм, $B = 20$ мм;

z – число зубьев фрезы, $z = 6$.

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в [4, табл.82, стр.411];

$$C_v=185,5; q=0,45; x = 0,3; y=0,2; m=0,33; u=0,1; p=0,1.$$

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} ,$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$$K_{mv}=1,0 \text{ [4, табл.4, стр.360];}$$

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки; $K_{nv}=1,0$;

K_{uv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента; $K_{uv}=1,0$.

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

T – период стойкости фрезы; $T=80$ мин [4, табл.82, стр.411];

$$V_3 = \frac{185,5 \cdot 10^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 10^{0,1} \cdot 0,05^{0,3} \cdot 21^{0,1} \cdot 6^{0,1}} \cdot 1,0 = 148 \text{ м/мин}$$

6) Частота вращения шпинделя определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} ,$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 148}{3,14 \cdot 10} = 4712 \text{ об/мин.}$$

7) Сила резания определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} ,$$

где K_{mp} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала [4, табл.4, стр.360];

Значения коэффициента C_p и показателей степени приведены в [1, табл. 83, стр. 412];

$$C_p=68,2; x = 0,86; y=0,72; u=1,0; q=0,86; w=0.$$

$$P_{z3} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 10^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 21^{1,0} \cdot 6}{10^{0,86}} \cdot 1,0 \cdot 0,25 = 2485 \text{ Н}$$

8) Крутящий момент определяется по формуле:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100},$$

$$M_{кр3} = \frac{2485 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 124,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

9) Эффективная мощность резания определяется по формуле

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$N_{e3} = \frac{124,3 \cdot 148}{1020 \cdot 60} = 0,3 \text{ кВт.}$$

$$0,3 \text{ кВт} < 11,7 \text{ кВт.}$$

8 Переход Фрезеровать поднутрение R10

Фреза грибковая D = 20, B = 16

S = 0,07 мм/зуб.

Скорость резания по формуле (1.7):

$$V_8 = \frac{185,5 \cdot 20^{0,45}}{60^{0,2} \cdot 5^{0,3} \cdot 0,07^{0,2} \cdot 16^{0,1} \cdot 6^{0,1}} \cdot 1,0 = 128 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя по формуле (5.4):

$$n_8 = \frac{1000 \cdot 128}{\pi \cdot 20} = 2038 \text{ об/мин.}$$

Сила резания определяется по формуле (1.10):

$$P_{z8} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,07^{0,72} \cdot 16^{0,1} \cdot 4}{20^{0,86}} \cdot 1,0 \cdot 0,25 = 40,3 \text{ Н.}$$

Крутящий момент определяется по формуле (1.11):

$$M_{кр8} = \frac{40,3 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 4,03 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Эффективная мощность резания определяется по формуле (1.12):

$$N_{e8} = \frac{128 \cdot 40,3}{1020 \cdot 60} = 0,08 \text{ кВт.}$$

Таблица 1.16 - Результаты расчетов для операции 030

№	t, мм	Sz, мм/зуб	V, м/мин.	n мм/об.
---	-------	------------	-----------	----------

перехода				
2	0,5	0,01	206	8000
3	10,0	0,05	148	4700
4	2,0	0,15	81,64	2600
5	0,5	0,057	82,9	5280
6	10,0	0,15	51,8	3300
7	5,0	0,135	125,6	8000
8	0,2	0,07	128	2000

Таблица 1.17 - Результаты расчетов для операции 040

№ перехода	t, мм	S _z , мм/зуб	V, м/мин.	n мм/об.
2	10,0	0,15	40,8	2600
3	0,25	0,04	124,0	7900
4	1,25	0,09	101,0	8000
5	0,5	0,1	4,9	625
6	0,5	0,057	81,6	5200
7	5,0	0,15	40,82	2600
8	0,5	0,15	69,9	4450
9	0,5	0,15	40,82	2600
10	0,50	0,03	125,6	8000
11	1,025	0,09	96	8000
12	0,45	0,1	6,0	643
13	0,5	0,15	69,9	4450

1.15 Определение норм времени

Определение норм времени на операции производится на основании данных отраслевых нормативов [12, 13] и по рекомендациям [11]. При этом в состав норм входят следующие слагаемые:

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{ш-к} = T_{шт.} + \frac{T_{н.з.}}{n} \quad (1.47)$$

где $T_{шт.}$ — штучное время, мин.;

$T_{нз}$ — подготовительно-заключительное время, мин.;

n – размер партии деталей, шт.

Подготовительно-заключительное время включает в себя затраты времени на получение материалов, инструментов, приспособлений, технологической документации, наряда на работу; ознакомление с работой, чертежом; получение инструктажа; установку инструментов, приспособлений, наладку оборудования на соответствующий режим; снятие приспособлений и инструмента; сдачу готовой продукции, остатков материалов, приспособлений, инструмента, технологической документации и наряда.

Штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд} \quad (1.18)$$

где T_o – основное время, мин.;

$T_{всп}$ – вспомогательное время, мин.;

$T_{отд}$ – время на отдых и личные потребности, мин.;

$T_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, мин.

Основное время – основное технологическое время, в продолжение которого осуществляется изменение размеров, формы, состояния поверхностного слоя, структуры материала обрабатываемой заготовки. Оно определяется по следующей формуле:

$$T_o = \frac{L_{расч}}{S \cdot n} = \frac{l_{дет} + l_{вр} + l_{пер}}{S \cdot n} = \frac{L_{расч}}{S_{мин}} \quad (1.19)$$

где $L_{расч}$ – расчётная длина, мм;

$l_{дет}$ – длина детали, мм;

$l_{вр}$ – длина врезания, мм;

$l_{пер}$ – длина перебега, мм;

S – величина подачи, мм/об.;

$S_{мин}$ – минутная подача, мм/мин.;

n – частота вращения шпинделя, об/мин.

Вспомогательное время определяется как сумма затрат времени на вспомогательные приёмы, сопутствующие основной работе. В состав вспомогательного времени входит время на установку-снятие заготовки, управление станком, смену инструмента, измерение детали.

Оперативное время:

$$T_{оп} = T_o + T_{всп} \quad (1.20)$$

Время на обслуживание рабочего места, затрачиваемое на смазывание станка, смену инструмента, удаление стружки, подготовка станка к работе в начале смены и приведение его в порядок после окончания работы (определяется в процентах от оперативного времени):

$$T_{обс} = 0,06 \cdot (T_o + T_{всп}) = 0,06 \cdot T_{оп} \quad (1.21)$$

Время на отдых и личные потребности (определяется в процентах от оперативного времени):

$$T_{отд} = 0,04 \cdot (T_{осн} + T_{всп}) = 0,04 \cdot T_{оп} \quad (1.22)$$

Штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд} \quad (1.23)$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (1.24)$$

Операция 010:

Переход 1: Установить и снять.

Основного времени нет.

Вспомогательное время:

$$T_{всп} = T_{уст/сн} + T_{кожух} + T_{струж}$$

$$T_{всп} = 1,1 + 0,06 + 0,06 = 1,22 \text{ мин.}$$

Переход 2: Фрезеровать поверхность 4 однократно.

Основное время:

$$T_o = \frac{90 + 23}{0,4 \cdot 10 \cdot 355} = 0,08 \text{ мин.}$$

Переход 3: Фрезеровать поверхность 3 предварительно

Основное время:

$$T_o = \frac{90 + 23}{0,4 \cdot 10 \cdot 450} = 0,18 \text{ мин.}$$

Переход 3: Фрезеровать поверхность 3 окончательно

Основное время:

$$T_o = \frac{110 + 23}{0,4 \cdot 10 \cdot 355} = 0,16 \text{ мин.}$$

Нормы времени в целом на операцию:

Сумма вспомогательного времени на операцию:

$$T_{всп} = 1,22 + 0,66 = 1,88 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$T_{он} = T_o + T_{всп}$$

$$T_{он} = 0,42 + 1,88 = 2,3 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание:

$$T_{обс} = 0,06 \cdot T_{он}$$

$$t_{обс} = 0,06 \cdot 2,3 = 0,128 \text{ мин.}$$

Время на отдых:

$$T_{отд} = 0,04 \cdot T_{он}$$

$$T_{отд} = 0,04 \cdot 2,3 = 0,085 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{ш} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд}$$

$$T_{ш} = 0,42 + 1,88 + 0,128 + 0,085 = 2,513 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шк} = 2,513 + \frac{16}{33} = 3,12 \text{ мин.}$$

Операция 020:

Переход 1: Установить и снять.

Основного времени нет.

Вспомогательное время:

$$T_{всп} = T_{уст/сн} + T_{кожух} + T_{струж}$$

$$T_{всп} = 1,1 + 0,06 + 0,06 = 1,22 \text{ мин.}$$

Переходы 2-14:

Основное время: $\Sigma T_o = 41,26 \text{ мин.}$

Вспомогательное время:

$$T_{всп} = 14,7 \text{ мин.}$$

Нормы времени в целом на операцию:

Сумма вспомогательного времени на операцию:

$$T_{всп} = 1,22 + 14,7 = 15,92 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$T_{он} = T_o + T_{всп}$$

$$T_{on} = 41,26 + 15,92 = 57,18 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание:

$$T_{обс} = 0,06 \cdot T_{on}$$

$$t_{обс} = 0,06 \cdot 57,18 = 3,43 \text{ мин.}$$

Время на отдых:

$$T_{отд} = 0,04 \cdot T_{on}$$

$$T_{отд} = 0,04 \cdot 57,18 = 2,29 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{ш} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд}$$

$$T_{ш} = 41,26 + 15,92 + 3,43 + 2,29 = 62,27 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шк} = 62,27 + \frac{16}{33} = 68,19 \text{ мин.}$$

Операция 030:

Переход 1: Установить и снять.

Основного времени нет.

Вспомогательное время:

$$T_{всп} = T_{уст/сн} + T_{кожух} + T_{струж}$$

$$T_{всп} = 1,1 + 0,06 + 0,06 = 1,22 \text{ мин}$$

Переходы 2-8:

Основное время: $\Sigma T_o = 42,7 \text{ мин.}$

Вспомогательное время:

$$T_{всп} = 13,8 \text{ мин.}$$

Нормы времени в целом на операцию:

Сумма вспомогательного времени на операцию:

$$T_{всп} = 1,22 + 13,8 = 15,02 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$T_{оп} = T_o + T_{всп}$$

$$T_{оп} = 42,7 + 15,02 = 57,72 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание:

$$T_{обс} = 0,06 \cdot T_{оп}$$

$$T_{обс} = 0,06 \cdot 57,72 = 3,46 \text{ мин.}$$

Время на отдых:

$$T_{отд} = 0,04 \cdot T_{оп}$$

$$T_{отд} = 0,04 \cdot 57,72 = 2,31 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{ш} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд}$$

$$T_{ш} = 42,7 + 15,02 + 3,46 + 2,31 = 59,49 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шк} = 59,49 + \frac{16}{33} = 61,36 \text{ мин.}$$

Операция 040

Переход 1: Установить и снять.

Основного времени нет.

Вспомогательное время:

$$T_{всп} = T_{уст/сн} + T_{кожух} + T_{струж}$$

$$T_{всп} = 1,1 + 0,06 + 0,06 = 1,22 \text{ мин}$$

Переходы 2-13:

Основное время: $\Sigma T_o = 12,0$ мин.

Вспомогательное время:

$$T_{всп} = 3,6 \text{ мин.}$$

Нормы времени в целом на операцию:

Сумма вспомогательного времени на операцию:

$$T_{всп} = 1,22 + 3,6 = 4,82 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$T_{он} = T_o + T_{всп}$$

$$T_{он} = 12,0 + 4,82 = 16,82 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание:

$$T_{обс} = 0,06 \cdot T_{он}$$

$$T_{обс} = 0,06 \cdot 16,82 = 1,01 \text{ мин.}$$

Время на отдых:

$$T_{отд} = 0,04 \cdot T_{он}$$

$$T_{отд} = 0,04 \cdot 16,82 = 0,67 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{ш} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд}$$

$$T_{ш} = 12,0 + 4,82 + 1,01 + 0,67 = 18,5 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шк} = 85,62 + \frac{16}{30} = 19,03 \text{ мин.}$$

$$\Sigma T_{\text{шк}} = 2,87 + 71,95 + 67,65 + 19,03 = 161,5 \text{ мин.}$$

2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Разработка механизированного установочно-зажимного приспособления

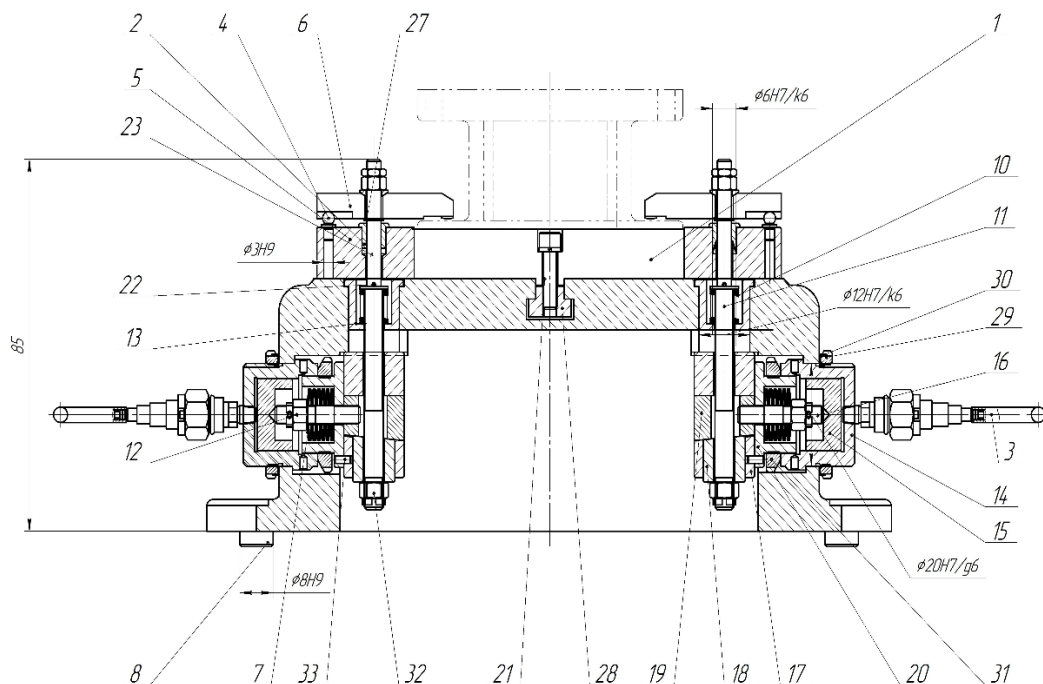
Приспособление разрабатывается для 040 операции – вертикально-фрезерной, на которой выполняются контурное фрезерование концевой фрезой, сверление, нарезание резьб и другие операции.

Обработка производится на обрабатывающем 5-ти осевом центре DMU 50 ecoline.

Тип инструмента – Фреза концевая $\varnothing 10$ код ISO 11 1320.

Обработка происходит на многоцелевом станке. В процессе обработки возникает сила $F=2760$ Н.

Разработаем эскиз приспособления.



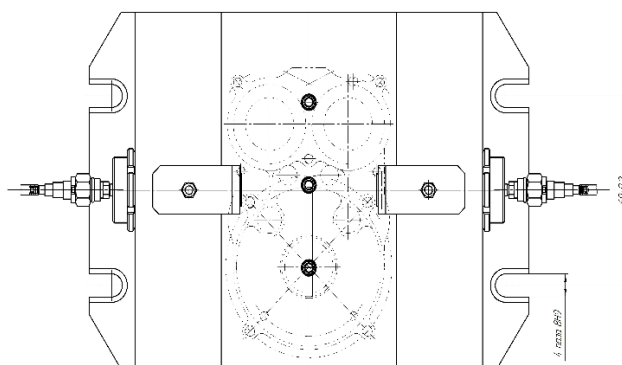


Рисунок 2.1 – Фрезерное приспособление.

Принцип действия приспособления

В приспособлении было принято решение применить 2 места приложения силы, что повысит надежность зажимного механизма.

Описание работы приспособления

Расточное приспособление устанавливается на столе многоцелевого станка.

Сжатый воздух подаётся в штуцер 3, усилие зажима создается пакетом тарельчатых пружин 7, смонтированных в стакане 20, и шпилькой 16, прикреплённой к клину 19. Усилие пружин контролируется гайкой 12. Клин 19 воздействует на клин 18 с которым связана тяга 23 зажимного механизма, данными тягами деталь прижимается к корпусу 1, прижимными пластинами 6 расположенными с двух сторон приспособления, что обеспечивает неподвижность при обработке.

Отжим приспособления производится путем стравливания давления, шпилька 16 под действием пружины возвращается в стакан 20, а следовательно клин 19 и клин 18 возвращаются в свое первоначальное положение, тем самым происходит отжим заготовки.

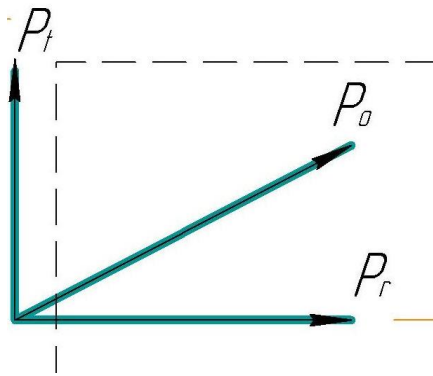


Рисунок 2.2 – Расчет потребной силы зажима.

Для данной расчетной схемы обработки сила закрепления определится по формуле:

$$F_{np} = KR_1 J_2 / (J_1 + J_2) \text{ табл. 1 ([7] стр. 377).}$$

$$\text{где } R_1 = P_o = 2854H \quad J_2 / (J_1 + J_2) = 0,7$$

Остальные силы P_z , P_t компенсируются установочными пальцами.

Коэффициент запаса K , учитывающий нестабильность силовых воздействий на заготовку рассчитывается по формуле

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6$$

Коэффициенты: $K_0 = 1,5$ - гарантированный коэффициент запаса;

K_1 - учитывает увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовок; при черновой обработке $K_1 = 1,2$

K_2 - учитывает увеличение сил резания вследствие затопления режущего инструмента (табл. 2, стр.382 [7]) $K_2 = 1,0$;

K_3 - учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании, если резание не прерывистое, то $K_3 = 1,0$;

K_4 - характеризует постоянство силы, развиваемой ЗМ $K_4 = 1,3$;

K_5 - характеризует эргономику немеханизированного ЗМ. При удобном расположении рукоятки и угле ее поворота более 90° $K_5 = 1,2$

K_6 - учитывают при наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку.

При установке заготовки плоской поверхностью на опорные штыри $K_6 = 1,0$
 $K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,8$

Тогда необходимая сила закрепления заготовки равна

$$P_3 = 2,8 \cdot 2854 \cdot 0,7 = 5593 \text{ Н}$$

Так как используется два винтовых зажима то $P_3 = 5593/2 = 2796 \text{ Н}$.

В качестве зажимного механизма выберем схему прямого зажима при помощи винтового механизма с сдвижным прихватом, для уменьшения вспомогательного времени на операции. Заготовка закрепляется в двух точках. Зажимающее усилие сообщается вручную ключом и через гайки. Они воздействуют на шайбы, которые, в свою очередь сообщают прихвату необходимую силу закрепления.

Вычислим силу на приводе Q_p

В качестве привода принимаем винтовой механизм. Диаметр винта определим конструктивно $d = 10 \text{ мм}$. Вычислим КПД винтового механизма

$$\eta = \left[\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})} \right]$$

где $\alpha = \operatorname{arctg} P / (\pi \cdot d_2) = \operatorname{arctg} 2,5 / (3,14 \cdot 15) = 2,48$ - угол подъема резьбы

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} 2,48}{\operatorname{tg}(2,48 + 6,67)} = 0,77$$

Момент для развития необходимой силы зажима.

$$M = 0,5 \cdot d_2 \cdot Q_p \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) = 0,5 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2796 \cdot \operatorname{tg}(2,48 + 6,67) = 12,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент на ключе с учетом КПД винтовой пары

$$M_p = M / \eta = 12,6 / 0,77 = 16,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Расчет приспособления на точность

В результате обработки возникает ряд погрешностей, которые необходимо учитывать при расчете приспособления на точность. Для определения пригодности приспособления необходимо рассчитать общую погрешность приспособления по формуле [19]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \delta_1 - k_T \cdot \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_Y^2 + \varepsilon_{\Pi}^2 + \varepsilon_{\text{И}}^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2}$$

Погрешность базирования $\varepsilon_B = 0$, так как технологическая и конструкторская базы совпадают.

Погрешность закрепления ε_3 для заготовок данного типа равна 320 мкм.

Погрешность установки приспособления на станке $\varepsilon_Y = 0$, так как используется самоцентрирующая оправка.

Погрешность перекоса инструмента $\varepsilon_{\Pi} = 0,25$.

Погрешность от изнашивания установочных элементов $\varepsilon_{\text{И}} = 20$ мкм.

Экономическая точность при обработке 400 мкм.

$$k_T = 1.2 \quad k_{T1} = 0.8 \quad k_{T2} = 0.8$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 700 - 1.2 \cdot \sqrt{(0.8 \cdot 0)^2 + 320^2 + 250^2 + 0 + 20^2 + (0.8 \cdot 220)^2} = 50 \text{ мкм.}$$

Таким образом, погрешность приспособления 0.05 мм.

2.2 Проектирование контрольно-измерительного приспособления

Проектируемым приспособлением измеряем допуск параллельности поверхности 3 относительно базовой поверхности Л (пов.14) 0,02 мм.

За отклонением от параллельности плоскостей понимается разность наибольшего и наименьшего расстояний между прилегающими плоскими поверхностями в пределах выбранного участка. Поле допуска

параллельности плоскостей называют область в пространстве, ограниченную двумя параллельными плоскими формами поверхностей, отстоящими одна от другой на расстоянии, равном номинальному допуску, и параллельными основной базе.

Измерение и оценку параллельности производят на длине нормируемого участка L , заданной при указании допуска, или, если нормируемый участок не задан, на всей длине поверхности.

Приспособление представляет собой основание с опорной призмой, которое установлено на столе и штатив, на котором закреплена индикаторная головка с ценой деления $0,005$ мм. Призма опорная к основанию прикреплена тремя болтами М8. В основание вставлены два гидравлических прижима. Прижимы нужны, иначе не обеспечить плотное прилегание поверхности 3 Корпуса к поверхности призмы, центр масс расположен не по центру. Зажимы отодвигаются, если надо измерить параллельности в местах прижима.

Точность размеров изготовления составляющих приспособления имеет значение только в плане параллельности оси консоли штатива, по которой передвигается индикаторная головка, относительно плоскости, на которую укладывается деталь.

Назначим допуск на плоскостность и параллельность плоскости, на которую укладывается деталь - $0,005$ мм. Шероховатость поверхности примем $Ra = 0,8$ мкм.

Суммируя всё вышесказанное можно утверждать, что на точность измерений будут влиять факторы:

1. Расположение оси консоли штатива относительно стойки штатива – перпендикулярность.
2. Часть допуска от перпендикулярности стойки штатива относительно стола.

3. Параллельность плоскостей основания и стола .

Следовательно, максимальная погрешность измерений составляет:

$$\varepsilon_{изм.} = 0,002 + 0,002 + 0,002 = 0,006_{мм}.$$

2.3 Проектирование спирального сверла для обработки гладкого отверстия

Для обработки отверстия диаметром 6,8 мм необходимо спроектировать спиральное сверло.

Длина сверления $L = 7$ мм.

Глубина резания $t = 3,4$ мм.

Режимы резания:

Подача $S_z = 0,15$ мм/об.

Скорость резания $V = 40,82$ м/мин.

Частота вращения шпинделя $n = 2600$ об/мин.

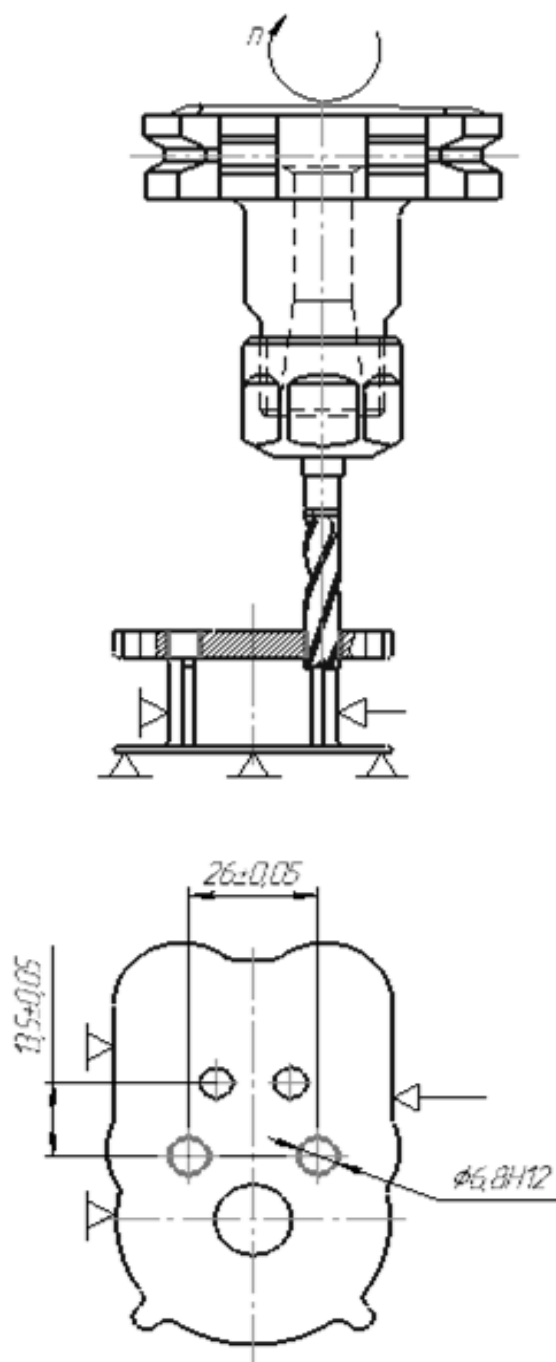


Рисунок 2.2 -Эскиз обрабатываемой поверхности

Диаметр сверла D выбираем по размеру обрабатываемой поверхности $D = 6,8$ мм.

Режущую часть цельных фрез изготавливают из вольфрамомолибденовой быстрорежущей стали марки Р6М5 (6% вольфрама и 5% молибдена) со следующими физико-химическими показателями:

- теплостойкость $T_{кр}=620^{\circ}\text{C}$;
- твердость $\text{HRC}=64$;
- предел прочности на изгиб $\sigma_{и}=3400 \text{ МПа}$;
- плотностью $\delta=8,15 \text{ г/см}^3$.

Форма хвостовика зависит от вспомогательного оборудования или вспомогательного инструмента и диаметра режущего инструмента. В качестве вспомогательного инструмента используется переходная втулка. Практически размер (номер) конического хвостовика устанавливается по действующим нормам и стандартам на соответствующие типы режущего инструмента.

Средний диаметр конуса хвостовика рассчитаем по формуле:

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot M_{кр} \cdot \sin \theta}{M \cdot P_o \cdot (1 - 0,04 \cdot \Delta \theta)},$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, $M_{кр}=4,55 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

θ – угол конусности хвостовика, $\theta=1^{\circ}26'$;

M – коэффициент трения, $M = 0,096$;

P_o – осевая сила, $P_o = 1400 \text{ Н}$;

$\Delta \theta$ – отклонение для конуса, $\Delta \theta=5'$.

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot 4,5 \cdot \sin 1^{\circ}26'}{0,096 \cdot 1400 \cdot (1 - 0,04 \cdot 5)} = 0,004 = 4 \text{ мм}$$

По ГОСТ 25557-82 выбираем ближайший больший конус, т.е. конус Морзе №1 со следующими основными конструктивными размерами: $D_1=12,065 \text{ мм}$; $d_2=9 \text{ мм}$; $l_4=65,5 \text{ мм}$; конусность 1:20,047.

По ГОСТ 10903-77 общая длина сверла $L=144 \text{ мм}$, длина рабочей части $l_0=63 \text{ мм}$.

Определяем геометрические и конструктивные параметры рабочей части сверла: по справочнику находим форму заточки - двойная с подточкой перемычки, угол наклона винтовой канавки $\omega=29^{\circ}$, углы между режущими

кромками $2\varphi=116^{\circ}-118^{\circ}$, $2\varphi^0=70^{\circ}$, задний угол $\alpha=12^{\circ}$, угол наклона поперечной кромки $\psi=55^{\circ}$, размеры подточенной части перемычки: $A=6,5$ мм, $l=8,5$ мм, передний угол $\gamma=0^{\circ}$.

Рассчитаем шаг винтовой канавки по формуле:

$$H = \frac{\pi \cdot D}{\operatorname{tg} \omega},$$

где D – диаметр сверла, $D=6,8$ мм;

ω - наклон наклона винтовой канавки, $\omega=23^{\circ}$.

$$H = \frac{3,14 \cdot 6,8}{0,4245} = 47,3 \text{ мм}$$

Толщина d_c сердцевины сверла рассчитывается по формуле:

$$d_c = 0,2 \cdot D$$

$$d_c = 0,2 \cdot 6,8 = 1,3 \text{ мм.}$$

Утолщение сердцевины по направлению к хвостовику $1,4 - 1,8$ мм на 100 мм длины рабочей части сверла. Принимаем это утолщение равным $1,4$ мм.

Обратную конусность принимаем равной $0,1$ мм.

Выбираем ширину ленточки f_0 и высоту затылка по спинке K в соответствии с диаметром сверла: $f_0 = 0,72$ мм.

Ширина пера сверла рассчитывается по формуле:

$$B = 0,58 \cdot D$$

$$B = 0,58 \cdot 6,8 = 3,71 \text{ мм.}$$

Основные параметры сверла $\varnothing 6,8$ мм определены.

Геометрические элементы профиля фрезы для фрезерования канавки сверла определяем аналитическим методом.

Большой радиус профиля:

$$Ro = C_R \cdot C_r \cdot C_\phi \cdot D,$$

где:

$$C_\phi = \left(\frac{13\sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{0.9}.$$

$$D_{\phi} = 13\sqrt{D}, \text{ следовательно, } \text{Сф} = 1 \text{ (мм).}$$

$$Ro = 0,26 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 6,8 = 1,66 \text{ (MM)}.$$

Меньший радиус профиля:

$$R_K = C_K \cdot D,$$

Где $C_k = 0,015 \cdot \omega^{0,75}$,

$$C_K = 0,015 \cdot 29^{0,75} = 0,19$$

$$R_K = 0,19 \cdot 6,8 = 1,22 \text{ (MM)}.$$

Ширина профиля:

$$B = R_o + R_k = 1,66 + 1,22 = 2,88 \text{ (MM)}.$$

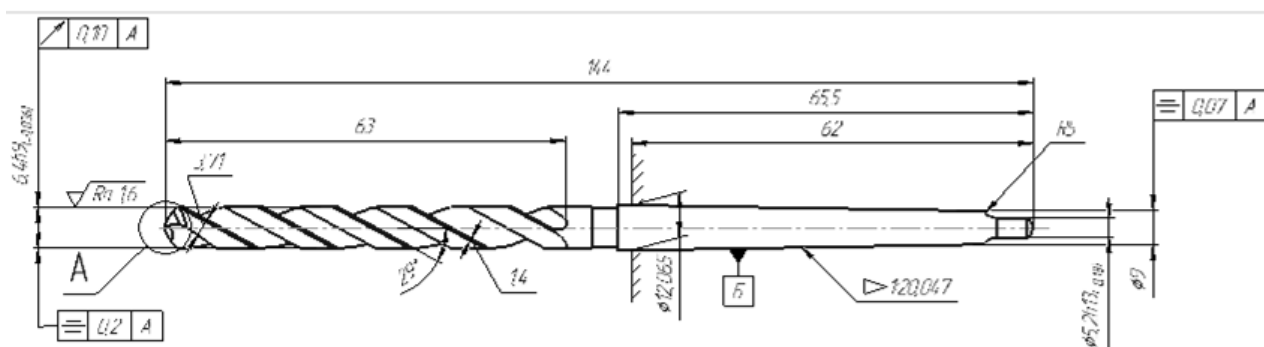


Рисунок 2.3 - Общий вид и основные размеры сверла

По данным размерам строим профиль канавочной фрезы.

Устанавливаем основные технические требования и допуски на размеры сверла по ГОСТ 885-77.

Предельные отклонения диаметра сверла $D = 16h9(-0,043)$. Допуск на общую длину и длину рабочей части сверла равен удвоенному допуску по 14 качеству с симметричным расположением предельных отклонений ($\pm IT14/2$) по ГОСТ 25347-82. Предельные отклонения размеров конуса хвостовика устанавливается по ГОСТ 2848-75.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ЦЕХА

В механосборочном цеху обрабатывается 10 деталей подобного типа.



Рисунок 3.1 - Деталь-представитель и номенклатура деталей

Рассчитываем трудоёмкость изготовления детали №1 (детали-представителя Фланец):

$$T_{\text{шт-к. предст.}} = \sum T_{\text{шт-к. i}} = 3,12 + 68,19 + 61,36 + 19,03 = 151,7 \text{ мин.}$$

$T = 16,5$ мин – на заготовительную и слесарные операции.

Принимаем вес второй детали 0,05 кг, программу выпуска 1000 шт., средний kvalitet 8, среднюю шероховатость 2,5 мкм (см. табл.3.1). Остальные данные будем рассчитывать.

Таблица 3.1. Расчет трудоемкости изготовления годовой программы выпуска всех деталей, обрабатываемых в проектируемом цехе

№ п/п детали, i	Вес детали, M_i , кг	Коэффициент приведения детали по массе, $K_{м,i}$	Программа выпуска детали, N_i , шт	Коэффициент приведения детали по серийности $K_{сер,i}$	Средний рейтинг детали	Средняя шероховатость детали, R_a , мкм	Коэффициент приведения детали по сложности, $K_{сл,i}$	Общий коэффициент приведения детали, $K_{пi}$	Трудоемкость изготовления одной детали, $T_{шт-к}$, мин	Трудоемкость изготовления всей партии деталей, T_{Ni} , ч.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,022	1	4000	1	12	10	1,0	1	151,7	7256
2	0,05	2,27	1000	1,12	9	5	1,29	3,28	50,06	3337,3
3	0,036	1,64	900	1,0	12	10	1,0	1,64	296,84	4452,6
4	0,012	0,54	2000	1,0	9	5	1,29	0,7	126,085	4202,83
5	0,044	2,0	500	1,12	12	10	1,0	2,24	405,44	3378,7
6	0,06	2,73	400	1,0	12	10	1,0	2,73	494,13	3294,2
7	0,025	1,14	1000	1,0	12	10	1,0	1,14	206,34	3439,0
8	0,052	2,36	600	1,12	12	10	1,0	2,64	478,419	4784,2
9	0,016	0,73	1200	1,12	12	10	1,0	0,82	147,986	2959,72
10	0,033	1,5	1200	1,12	9	5	1,29	2,17	392,263	7845,26
Итого										51506,25

3.1 Расчет коэффициента приведения

Рассчитываем коэффициент приведения по массе (чем больше вес, тем, обычно, больше площадь обрабатываемой поверхности, значит больше времени потребуется на изготовление по сравнению с деталью-представителем). Для геометрически подобных деталей:

$$K_{м,i} = \sqrt[3]{\frac{M_i^2}{M_{п}^2}}, \quad (3.1)$$

где M_i – вес рассматриваемой детали, кг;

$M_{п}$ – вес детали-представителя, кг.

Вычисляем K_{M_i} для второй детали:

$$K_{M_{i=2}} = K_{M_2} = \sqrt[3]{\frac{0,05^2}{0,022^2}} = 2,27.$$

В третий столбик записываем для второй детали $K_{M_2}=2,27$.

3.2 Расчет коэффициента приведения по серийности производства

Для этого берется отношение программы детали-представителя к программе изготовления рассматриваемой детали (таблица 3.2). Чем больше программа рассматриваемой детали, тем меньше времени будет уходить на переналадку в расчете на одну деталь, тем более механизированное приспособление можно применить для установки и закрепления детали.

Таблица 3.2 - Коэффициенты приведения по серийности производства $K_{сер. i}$

$N_{п}/N_i$	$\leq 0,5$	1	2	4	8	≥ 10
$K_{сер. i}$	0,97	1	1,12	1,22	1,28	1,37

В нашем случае $N_{п}/N_i=4000/1000=4$.

Значит $K_{сер. i=2}=1,22$.

3.3 Расчет коэффициента приведения по сложности

$$K_{сл. i} = \left(\frac{K_{T_i}}{K_{T_n}} \right) \cdot \left(\frac{K_{R_i}}{K_{R_n}} \right) \quad (3.2)$$

где K_{Ti} – коэффициент точности рассматриваемой детали, определяется из табл.3.1 в соответствии со средним качеством;

K_{Tn} – коэффициент точности детали-представителя, определяется из табл.3.3 в соответствии со средним качеством детали-представителя;

K_{Ri} – коэффициент шероховатости рассматриваемой детали, определяется из табл.3.4 в соответствии со средней шероховатостью;

K_{Rn} – коэффициент шероховатости детали-представителя, определяется из таблице 3.4.

Таблица 3.3 - Коэффициенты точности обработки детали K_{Ti}

Средний качество	6	7	8, 9	10, 11	12	13
Коэффициент точности, K_T	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8

Таблица 3.4 - Коэффициенты шероховатости поверхности детали K_{Ri}

Средняя шероховатость, R_a , мкм	10	5	2,5	1,25	0,63
Коэффициент шероховатости, K_R	0,95	1,0	1,1	1,2	1,4

Вычисляем $K_{сл.i}$ для второй детали:

$$K_{сл.2} = \left(\frac{K_{T_2}}{K_{Tn}} \right) \cdot \left(\frac{K_{R_2}}{K_{Rn}} \right) = \left(\frac{1,1}{0,9} \right) \cdot \left(\frac{1,0}{0,95} \right) = 1,29$$

В восьмой столбик табл.2.1 записываем для второй детали $K_{сл.2}=1,29$.

3.4 Расчет общего коэффициента приведения

$$K_{\Pi i} = K_{Mi} \cdot K_{сеп.i} \cdot K_{сл.i} \quad (3.3)$$

Для второй детали коэффициент приведения:

$$K_{\Pi i=2} = K_{M2} \cdot K_{сеп.2} \cdot K_{сл.2} = 1,12 \cdot 0,227 \cdot 1,29 = 0,33$$

В девятый столбик записываем для второй детали $K_{П2}=0,33$. Это означает, что трудоемкость изготовления одной детали № 2 равна 0,33 трудоемкости изготовления детали-представителя (у нас это деталь № 1).

3.5 Расчет трудоемкости изготовления детали

Определяем трудоемкость изготовления одной детали через общий коэффициент приведения этой детали и трудоемкость детали представителя:

$$T_{шт.-к.i} = K_{Пi} \cdot T_{шт.-к.п.} \quad (3.4)$$

Для второй детали:

$$T_{шт.-к.i=2} = K_{Пi=2} \cdot T_{шт.-к.п.} = 0,33 \cdot 151,7 = 50,06 \text{ мин.}$$

В десятый столбик табл.2.1 записываем $T_{шт.-к.2}=50,06$ мин.

Определяем трудоемкость изготовления всей партии рассматриваемой детали:

$$T_{Ni} = T_{шт.-к.i} \cdot N_i \quad (3.5)$$

Для второй детали:

$$T_{Ni=2} = T_{шт.-к.2} \cdot N_2 = 50,06 \cdot 4000 = 200240 \text{ мин} = 3337,3 \text{ ч.}$$

В одиннадцатый столбик табл. 3.1 записываем для второй детали $T_{N2}=3337,3$ ч.

Аналогично определяем коэффициенты приведения и трудоемкость изготовления для других деталей. Заполняем табл.3.1 полностью (в данных методических указаниях это сделано лишь частично). В пояснительной записке обязательно должны быть приведены промежуточные расчеты. Делать их лучше по разделам, например: определение коэффициента приведения по массе для каждой из 10 деталей, затем определение коэффициента приведения по серийности для всех 10-ти деталей и т.д.

Рассчитываем общую трудоемкость изготовления всех деталей:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_{Ni} \quad (3.6)$$

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n=10} T_{Ni} = 51506,25 \text{ ч.}$$

3.6 Расчет количества станков

Для расчета оборудования сначала определим процентное соотношение трудоемкости для станков каждой модели в техпроцессе для детали-представителя. Примерно такое же соотношение станков будет и для других деталей, поскольку они входят в одну группу технологического сходства.

Для нашей детали-представителя используются следующие станки:

Таблица 3.5 - Продолжительность технологических операций, выполняемых в проектируемом цехе

№ п/п	№ операции	Модель станка	t _{шт.-к.} , мин.
1	010	Compact SPINNER U 5 - 620	3,12
2	015	Верстак	0,9
3	020	Compact SPINNER U 5 - 620	68,19
5	030	Compact SPINNER U 5 - 620	61,36
8	040	Compact SPINNER U 5 - 620	19,03
9	045	Верстак, тисы	0,9
		t _{шт.-к цех}	151,7

Примечание: t_{шт.-к цех} – сумма штучно-калькуляционного времени только тех операций, которые выполняются в проектируемом цехе или участке.

Группируем операции, где используются одинаковые модели станков.

Определяем для них общее штучно-калькуляционное время, например:

операция 010, 020, 030, 040 Compact SPINNER U 5 - 620 t_{Σшт.-к} = 149,9 мин;

операция 015, 045 верстак, тисы t_{Σшт.-к} = 1,8 мин.

Определяем соотношение общего штучно-калькуляционного времени для каждой группы оборудования. В нашем примере:

$$\text{Compact SPINNER U 5 - 620} \rightarrow a_{\text{Compact SPINNER U 5 - 620}} = 149,9/151,7 = 0,98$$

$$\text{верстак} \rightarrow a_{\text{в}} = 1,8/151,7 = 0,02$$

$$\text{Проверка: } \sum \alpha = 1.$$

Считая, что такое же соотношение оборудования будет и для техпроцессов других деталей, рассчитываем количество станков в каждой группе оборудования. Дробные числа округляем в большую сторону. Допускается округление в меньшую сторону при переработке на каждый станок не более 10%. Действительный фонд времени $F_{\text{дм}}$ принимается в соответствии с количеством смен.

В нашем случае расчетное (C_p) и принятое ($C_{\text{п}}$) количество станков при двухсменной работе ($F_{\text{д2}}=4015$ ч):

$$\text{Compact SPINNER U 5 - 620}$$

$$C_p = (\sum T_{Ni} / F_{\text{дм}}) \cdot a_{\text{Compact SPINNER U 5 - 620}} = (51506,25/4015) \cdot 0,98 = 12,57;$$

$$\text{принимаем } C_{\text{п}} \text{ а } a_{\text{Compact SPINNER U 5 - 620}} = 13 \text{ шт.}$$

$$\text{Верстак: } C_p = (\sum T_{Ni} / F_{\text{дм}}) \cdot a_{\text{в}} = (51506,25/4015) \cdot 0,02 = 0,28;$$

принимаем $C_{\text{пв}}=2$ – не будет же рабочий бегать по всему участку к единственному столу.

Рассчитываем общее количество оборудования на участке:

$$C = \sum C_p = 13 + 2 = 15 \text{ шт.}$$

3.7 Расчет потребной площади участка

Определяем ориентировочно площадь участка (F), необходимую для размещения основного оборудования:

$$F = f \cdot C_{\text{п}}$$

где: f — производственная площадь одной единицы оборудования (м^2):

— $7...10 (\text{м}^2)$ — мелкие станки;

— $10...20 (\text{м}^2)$ — средние станки;

— $20...60 (\text{м}^2)$ — крупные станки;

— $60...170 (\text{м}^2)$ — особо крупное оборудование.

В нашем технологическом процессе используется, в основном, среднее оборудование, поэтому принимаем $f=50$. Размеры станка Compact SPINNER U 5 – 620 в плане с транспортером для стружки $2,6 \times 2,35 = 6,11 \text{ м}^2$.

Принимаем коэффициент $f = 50$ для станков Compact SPINNER U 5 – 620.

Для верстаков $f = 5$, $s = 1,2 \times 0,8 = 0,96 \text{ м}^2$.

Тогда требуемая площадь для размещения 15 единиц оборудования ориентировочно составит $50 \cdot 13 + 2 \cdot 5 = 660 \text{ м}^2$.

Для размещения комнат мастера (начальника цеха), технолога, вспомогательных систем дополнительно требуется от 10% до 30% площади, занятой под основное оборудование (меньший процент для крупных цехов и участков). У нас проектируется мелкий цех (количество станков менее 50), поэтому дополнительная площадь $F_{\text{доп}} = F \cdot 0,25 = 660 \cdot 0,3 = 198 \text{ м}^2$.

Таким образом, общая площадь под участок ориентировочно составит:

$F_{\text{общ}} = F + F_{\text{доп}} = 660 + 198 = 858 \text{ м}^2$, принимаем 864 м^2 .

Выбор сетки колонн и планировка участка

В соответствии с расчетами определяем участок в здании для размещения оборудования. При строительстве нового цеха определяем сетку колонн $12 \times 6 \text{ м}$ и габариты других строительных элементов, дополнительно отводя место для магистральных проездов и т.п. В связи с высокой стоимостью строительства, затратами на отопление (в Сибири затраты на отопление составляют до 70% от себестоимости продукции) не

рекомендуется необоснованно увеличивать площадь здания. При реконструкции следует отдавать предпочтение компактному размещению оборудования с соблюдением требований техники безопасности и действующих норм.

Необходимо оставлять у станков места для размещения заготовок и готовых изделий, проезды для их подвоза, пешеходные проходы между станками.

Также необходимо продумать вопросы возможной замены оборудования с тем, чтобы не пришлось в последующем для замены одного станка переставлять и другое оборудование. Следует отдавать предпочтение установке оборудования на виброопоры, что облегчит и сократит время на его перестановку.

В целях уменьшения затрат на проводку электрокабелей и пневмотрубопроводов следует предусмотреть вопросы прокладки магистральных линий.

4. Социальная ответственность

4.1. Производственная безопасность

4.1.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте оператора станка с ЧПУ

В данном разделе дипломного проекта рассматриваются условия труда оператора обрабатывающего 5-ти осевого центра на участке обработки магниевых сплавов.

В обязанности оператора входит:

- Ведение процесса обработки с пульта управления сложных деталей по 7-10 квалитетам на станках с программным управлением.
- Обслуживание многоцелевых станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и установка заготовок в приспособление.
- Управление группой станков с программным управлением.
- Установка инструмента в инструментальные блоки.
- Подбор и установка инструментальных блоков с заменой и юстировкой инструмента.
- Подналадка узлов и механизмов в процессе работы.

На оператора в процессе работы действуют следующие опасные и вредные производственные факторы:

- недостаточная освещенность рабочих поверхностей;
- поражение электрическим током;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень пожарной опасности;
- запыленность воздуха.

4.1.1.1 Система освещения

При недостаточной освещенности и плохом качестве освещения состояние зрительных функций человека находится на низком исходном уровне, повышается утомление зрения в процессе выполнения работы, возрастает риск производственного травматизма.

С другой стороны, существует опасность отрицательного влияния на органы зрения слишком большой яркости (блескости) источников света, а также больших перепадов яркости соседних объектов.

В то же время рациональное освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению производительности труда, обеспечению его безопасности, сохранению высокой работоспособности в процессе труда.

Требования к освещению помещения в закрытом помещении механообрабатывающего цеха по СНиП 23-05-95

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		Естественное освещений
						Освещение ЛК		КЕО%
						Комбинированное	Общее	Боковое одностороннее

Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	в	Малый	Средний, тёмный	400	200	1,5
---------------------	-------------------	----	---	-------	--------------------	-----	-----	-----

Для обеспечения комфортных условий работы применить на участке совместно с естественным искусственное освещение, а также каждое рабочее место оборудуется устройствами местного освещения.

Расчет искусственного освещения

Расчет методом светового потока.

Световой поток одного источника света рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{E \cdot K_z \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta_v}$$

где E – нормированная освещенность, лк;

K_z - коэффициент запаса, учитывающий старение ламп и загрязнение светильников;

S – площадь освещаемого помещения, м²; S = 660 м²

Z – коэффициент минимальной освещенности;

N – число источников света в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

Тип светильника ЛСП 02 (Л) с количеством источников света – 172.

Коэффициент η зависит от типа светильника, коэффициентов отражения R от стен, потолка, пола и от геометрической характеристики помещения, определяемой индексом помещения:

$$i = \frac{S}{H(a+b)} = \frac{660}{3,26 \cdot (24 + 27,5)} = 3,93$$

По типу светильника, индексу помещения и коэффициентам отражения $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{ст}}$, $\rho_{\text{р.л}}$ определяем коэффициент использования светового потока η для ламп накаливания [27, табл. 5].

Z принимаем для ламп накаливания равным 1,15; для люминесцентных ламп – 1,1.

$$R_{пт} = 0,7; R_{ст} = 0,5; R_{пл} = 0,3; \eta = 0,7.$$

По площади помещения предварительно выбираем количество ламп 12.

$$F = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 660 \cdot 1,1}{172 \cdot 0,7} = 1809_{лм}$$

По полученному световому потоку F подбираю ближайшую стандартную лампу: ЛБ30-4, F = 2100 лм. Отклонение светового потока выбранной лампы отличается от расчетной на +13% при допустимом отклонении (-10...+20)%. Для освещения помещения требуется 86 светильников ЛСП 02.

Естественное освещение организуется через разного рода световые проемы. Соответствие естественного освещения для данного помещения определим по условию:

$$E = \frac{S_o}{S_n} > 0,2$$

$$E = \frac{180}{660} > 0,27$$

0,27 > 0,2 следовательно условие выполнено.

Мероприятия:

- Промывка окон не реже 2х раз в год. Данную работу выполнять весной и осенью в тёплые дни.
- Следить за выходом из строя осветительных приборов. При обнаружении неисправности необходимо своевременное устранение
- Не допускать работников к работе на станках с неисправными осветительными приборами.
- Промывка окон не реже 2х раз в год. Данную работу выполнять весной и осенью в тёплые дни.
- следить за выходом из строя осветительных приборов. При обнаружении неисправности необходимо своевременное устранение

- Не допускать работников к работе на станках с неисправными осветительными приборами.
- Организовать чистку осветительных приборов не менее 1 раза в месяц.
- Проверять уровень освещённости в рабочей зоне не реже 1 раза в год.
- Организовать чистку осветительных приборов не менее 1 раза в месяц.
- Проверять уровень освещённости в рабочей зоне не реже 1 раза в год.

4.1.1.2 Воздушная среда

Для эффективной трудовой деятельности необходимо обеспечение требуемой чистоты воздуха. Для ее поддержания используют различные виды вентиляции.

На участке обработки магния помимо естественной вентиляции необходимо предусмотреть общую приточно-вытяжную вентиляцию, а также местную вентиляцию.

Воздуховоды для удаления пыли магниевых сплавов должны иметь гладкие внутренние поверхности без карманов и углублений, исключающие скапливание пыли, наименьшую длину и число перегибов. Радиусы закруглений должны быть не менее трех диаметров.

Определение количества воздуха, удаляемого местными отсосами. Метод определения необходимого количества воздуха по кратности воздухообмена, принимают для ориентировочных расчетов когда не известны количества выделяющихся вредных веществ.

Кратность воздухообмена показывает, сколько раз в час меняется воздух в помещении. Отсюда необходимый воздухообмен:

$$L = K \cdot V = 3 \cdot 36 \cdot 24 \cdot 8 = 20736 \text{ м}^3/\text{ч или } 5,76 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Где L – воздухообмен, $\text{м}^3/\text{ч}$;

V – объем помещения, м^3 .

На одного человека приходится 691,2 м³/ч приточного воздуха, что отвечает требованиям санитарных норм (должно быть не менее 20 м³/ч на человека).

Устанавливаем осевые вентиляторы на крыше и окнах. Выбираем осевые вентиляторы ВО 4,0 производительностью 4500 м³/ч и мощностью двигателя 0,185 кВт. Берем 20736 / 4500 = 5 вентиляторов.

Для установок пылеудаления из станков рассчитаем воздуховоды.

$$p = \sum_i^x \left(l \cdot \frac{\lambda}{d} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{\gamma}{2 \cdot g} \cdot v^2 = 15 \cdot ((7,7 \cdot 0,178 + 2,54) \cdot 17,7) = 15 \cdot 69,2 = 1038 \text{ МПа}$$

Выбираем вентилятор ВЦ4-70-10 производительностью 19,53-40,2 тыс.м³/ч при давлении 1517-774 МПа с электродвигателем АИР N = 15 кВт.

Рекомендации по использованию вентиляции:

Вентиляционные установки, предназначенные для улавливания магниевой пыли, должны систематически очищаться в соответствии с планом-графиком, утверждаемым руководством предприятия. Местные отсасывающие вентиляционные установки должны очищаться ежедневно.

4.1.1.3 Производственный шум

Параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ12.1.003-83 и Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Источниками шумового загрязнения являются механические шумы, возникающие при соударении, трении деталей машин и механизмов, аэродинамические шумы.

Применяемый обрабатывающий 5-ти осевой центр выполняется в закрытом кожухе, что позволяет снизить шум до допустимых уровней.

Таблица 4.1 – Допустимые уровни шума

Рабочее место	Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивале нтные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Фактическое значение уровня звука 75 дБА, что меньше допустимого уровня шума 80 дБА.

4.1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

4.1.2.1. Поражение электрическим током

Случаи поражения человека электрическим током возможны при замыкании электрической цепи через тело человека, т.е. замыкание тела человека на 2 точки цепи, с определенной разностью потенциала.

Основные причины поражений электрическим током:

- 1) Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям оборудования, находящегося под напряжением.
- 2) Появление напряжений на металлических конструкциях, частях электрооборудования, корпусах, кожухах. Которые при нормальном режиме работы не находятся под напряжением (например, в результате пробоя изоляции).
- 3) Появление напряжений на токоведущих частях электрооборудования, на которых работают люди в результате ошибочного включения установок.

Меры по снижению опасности поражения человека электрическим током.

- Использовать дополнительные изолирующие средства: диэлектрические коврики и изолирующие подставки;
- На видных местах вывешивать предупредительные плакаты;
- На дверцы шкафов необходимо нанести предупредительные знаки согласно ГОСТ 12.4.026-76.;
- Запрещается работа на незаземлённых станках;

- Запрещается работа на станках с неисправным электрооборудованием;
- Все станки должны иметь защитное заземление и зануление.

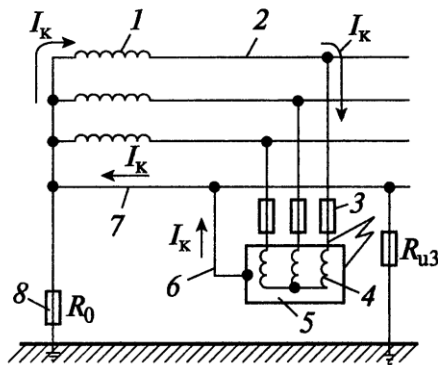


Схема зануления в трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью:

1 — трансформатор; 2 — сеть; 3 — предохранитель; 4 — обмотка электродвигателя; 5 — корпус электродвигателя; 6 — зануляющий проводник; 7 — нулевой защитный проводник; 8 — сопротивление заземления нейтрали

Ток короткого замыкания рассчитывается:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{R_3} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A}$$

$U_{\phi} = 220 \text{ В}$ — напряжение сети;

$R_3 = 10 \text{ Ом}$

Ток предохранителя

$$I_{\Pi} = 1/3 \cdot I_{к.з.} = 1/3 \cdot 22 = 7,3 \text{ A}$$

Таким образом, выбираем предохранитель с $I = 8 \text{ A}$.

4.2 Экологическая безопасность

К загрязнению окружающей среды принято относить результаты жизнедеятельности человека, которые оказывают отрицательное воздействие как на самого человека, так и на полезные для него организмы и ресурсы неживой природы.

Для защиты атмосферного воздуха применено:

- токсичные вещества выводятся из помещений общеобменной вентиляцией;

- локализация токсичных веществ в зоне их образования местной вентиляцией, очистка загрязненного воздуха и рассеивание его в атмосфере.

Производственными сточными водами называются воды, используемые промышленным предприятием и подлежащие очистке от различных примесей.

Производственные сточные воды подразделяются на условно чистые (оборотные) и грязные. К первым относятся воды, применяемые для охлаждения технологического оборудования. Эти воды охлаждаются в заводских прудах или градирнях, очищаются от механических загрязнений и масел и затем возвращаются в производство при ограниченной добавке свежей воды. Применение современной СОЖ для обработки магниевых сплавов в составе присадок которой отсутствует хлор и сульфаты, имеются паспорта безопасности, гарантирующие минимальное влияние на здоровье человека и окружающую среду.

Промышленный шум большой интенсивности не только поражает органы слуха, но также оказывает общее отрицательное воздействие на организм человека, повышая утомляемость, рассеивая внимание, что может привести к снижению производительности труда, росту брака, травматизму и хроническим заболеваниям. Кроме того, повышенные вибрации могут привести к повышенному износу и разрушению станка и его механизмов. В дипломном проекте применено оборудование позволяющее снизить уровень производственного шума.

В дипломном проекте применены как активные, так и пассивные методы борьбы с загрязнениями окружающей среды. К активным можно отнести применение современного оборудования. К пассивным – расположение участка по обработке магниевых сплавов в отдельном помещении с применением вентиляции и очистки воздуха.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.3.1 Пожарная и взрывная безопасность

Пожаровзрывоопасность производства определяется параметрами пожароопасности и количеством используемых в технологических процессах материалов и веществ, конструктивными особенностями и режимами работы оборудования, наличием возможных источников зажигания и условий для быстрого распространения огня в случае пожара.

Магниевого сплавы, содержащие до 85-98% магния, отличаются высокой химической активностью по отношению к кислороду.

Скорость окисления возрастает с увеличением температуры нагрева изделия и степени измельчения частиц (стружка, пыль).

Температура возможного загорания изделий из сплава МА2-1 450°С и выше.

Горение стружки происходит с большей скоростью, чем компактного изделия. Температура загорания сухой стружки зависит от химического состава сплава и равна 400-500°С.

Так как на участке производится механическая обработка резанием магниевых сплавов, производственный участок относится к категории «В» (горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б).

В проектируемом технологическом процессе применяется СОЖ нового поколения TRIM® E705, работает в экстремально жесткой воде – нет

сепарации эмульсии даже при очень высокой концентрации Mg^{2+} , что также позволяет снизить пожароопасность.

В зависимости от категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности установлен противопожарный режим, в том числе:

- определение места и допустимое количество одновременно находящихся в помещении сырья, полуфабрикатов и готовой продукции;
- установлен порядок уборки горючих отходов и пыли, хранение промасленной одежды;
- определен порядок отключения электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня;
- регламентированы порядок проведения временных огневых и других пожароопасных работ; порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы; действия работников при обнаружении пожара;
- определен порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначены ответственные за их проведение;
- определены и оборудованы места для курения.

Требования к средствам тушения магниевых сплавов:

- Для тушения горящего магния, его сплавов и изделий из них применять огнегасительные средства, указанные в табл.2. [34]

Таблица 4.2 Огнегасительные средства для тушения изделий из магниевых сплавов

Группа	Огнегасительное средство	Требования, предъявляемые к огнегасительным средствам	Назначение
--------	--------------------------	---	------------

1. Универсальные средства	Молотые флюсы для плавки магниевых сплавов	Флюсы должны быть сухими (влажность не более 3%) и храниться в герметичной таре	Для тушения магния в любом количестве
2. Средства, применяемые при тушении магниевых сплавов в ограниченной степени	Песок	Должен быть сухим. Не должен быть загрязнен магниевой пылью	Для тушения небольших очагов загорания
	Формовочная смесь для магниевого литья	Должна содержать защитные присадки (например, «ВМ» не менее 5%). Влажность смеси не должна превышать 6% зимой и 7% летом	Для тушения очагов загорания на формовочном (заливочном) участке

- Средства тушения должны применяться в зависимости от вида и количества горящих изделий из магниевых сплавов. Наиболее опасной в пожарном отношении является магниевая пыль во взвешенном состоянии, так как воспламенение ее обычно сопровождается взрывом.
- Категорически запрещается тушить магний и его сплавы водой, тетрахлорными, пенными и углекислотными огнетушителями, так как эти средства усиливают горение магния и его сплавов.
- Для тушения горящих конструкций в цехах, где хранится магний и его сплавы (перегородки, перекрытия, тамбуры и др.), можно применять воздушно-механическую пену. Применение воздушно-механической пены может быть допущено при отсутствии горения магния.

- Допускается тушение пожара обычными средствами в тех частях здания, где магния и его сплавов не имеется.

Допускается тушение небольших очагов загорания магния при механической обработке графитом в порошке, чугунными опилками, густым минеральным маслом.

Допускается также тушение небольших очагов загорания при механической обработке изделий из магниевых сплавов огнетушащим составом ПГС, поставляемом по ТУ 6-18-18. 0-78 опытного завода НИОХИМ.

Все перечисленные сухие средства тушения направляются на горящие магниевые сплавы с помощью лопат непосредственно из ящиков, из патронов, а также через стационарные или передвижные установки.

Патроны или ящики, в которых находятся средства тушения, должны размещаться вблизи рабочих мест, у мест накопления изделий и на участках сбора стружки.

Ящики, в которых хранится флюс, должны быть герметичны - иметь крышки с резиновыми прокладками.

Пригодность средства тушения в ящиках должна проверяться не реже одного раза в месяц, а в стационарных или передвижных установках в соответствии с инструкцией по пользованию.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

-ГОСТ 12.1.019-79 "Система стандартов безопасности труда.

Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты".

-ГОСТ 12.1.003-83 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности".

-ГОСТ 12.4.021-75 "Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Общие требования".

-ГОСТ 12.1.033-81 "Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Термины и определения".

-ГОСТ 12.4.009-83 "Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание".

- СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

-СниП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение".

За состоянием безопасности труда установлены строгие государственный, ведомственный и общественный надзор и контроль. Государственный надзор осуществляют специальные государственные органы и инспекции, которые в своей деятельности не зависят от администрации контролируемых предприятий. Это Прокуратура РФ, Федеральный горный и промышленный надзор России, Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности, Государственный энергетический надзор РФ, Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ (Госкомсанэпиднадзор России), Федеральная инспекция труда при Министерстве труда РФ; Министерство РФ по атомной энергии.

Общий надзор за выполнением рассматриваемых законов возложен на Генерального прокурора РФ и местные органы прокуратуры. Надзор за соблюдением законодательства по безопасности труда возложен также на профсоюзы РФ, которые осуществляют контроль за обеспечением безопасности на производстве через техническую инспекцию труда.

Контроль за состоянием условий труда на предприятиях осуществляют специально созданные службы охраны труда совместно с комитетом профсоюзов. Контроль за состоянием условий труда заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных

документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор и главный инженер.

Ведомственные службы охраны труда совместно с комитетами профсоюзов разрабатывают инструкции по безопасности труда для различных профессий с учетом специфики работы, а также проводят инструктажи и обучение всех работающих правилам безопасной работы. Различают следующие виды инструктажа: вводный, первичный на рабочем месте, повторный внеплановый и текущий.

Вводный инструктаж проводят со всеми рабочими и служащими независимо от профессии до приема на работу, а также с командированными и учащимися, прибывшими на практику.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводит непосредственный руководитель работ перед допуском к работе. Этот вид инструктажа должен сопровождаться показом безопасных приемов работ.

Повторный инструктаж на рабочем месте проводят с работниками независимо от их квалификации, стажа и оплаты работы не реже чем раз в шесть месяцев. Цель этого инструктажа – восстановить в памяти рабочего инструкции по охране труда, а также разобрать конкретные нарушения из практики предприятия.

Внеплановый инструктаж на рабочем месте проводят в случае изменения правил по охране труда, технологического процесса, нарушения работниками правил техники безопасности, при несчастном случае, при перерывах в работе – для работ, к которым предъявляются дополнительные требования безопасности труда, – более чем на 30 календарных дней, для остальных работ – 60 дней.

Текущий инструктаж проводят для работников, которым оформляют наряд-допуск на определенные виды работ.

Результаты всех видов инструктажа заносят в специальные журналы. За нарушение всех видов законодательства по безопасности жизнедеятельности предусматривается следующая ответственность:

дисциплинарная, которую накладывает на нарушителя вышестоящее административное лицо (замечание, выговор, перевод на нижеоплачиваемую должность на определенный срок или понижение в должности, увольнение);

административная (подвергаются работники административно-управленческого аппарата; выражается в виде предупреждения, общественного порицания или штрафа);

уголовная (за нарушения, повлекшие за собой несчастные случаи или другие тяжелые последствия);

материальная, которую в соответствии с действующим законодательством несет предприятие в целом (штрафы, выплаты потерпевшим в результате несчастных случаев и др.) или виновные должностные лица этого предприятия.

5. РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Исходные данные приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Исходный данные

Базовый ТП			Проектируемый ТП		
№ операции Оборудование Модель	Т _о , мин	Т _{шт} , мин	№ операции Оборудование Модель	Т _о , мин	Т _{шт} , мин
010 Слесарная Верстак слесарный	0,5	0,9	010 Фрезерная с ПУ Обработывающий 5-ти осевой центр U-Compact U5-620	0,42	3,12
015 Фрезерная Вертикально-фрезерный Gambin	2,4	6			
020 Фрезерная	1,2	8			
025 Фрезерная	2	5			
			015 Слесарная Верстак слесарный	0,5	0,9
030 Координатно-расточная Координатно-расточной Hauser	7,2	6	025 Фрезерная с ПУ Обработывающий 5-ти осевой центр U-Compact U5-620	41,26	68,19
035 Координатно-расточная	13,2	22,4			
040 Слесарная Верстак слесарный	0,7	2,4			
045 Фрезерная с ПУ Вертикально-фрезерный с ЧПУ FKrSRS	25,4	38			
050 Слесарная	0,5	0,9	030 Фрезерная с ПУ Обработывающий 5-ти осевой центр U-Compact U5-620	42,7	61,36
055 Слесарная	0,5	0,9			
060 Фрезерная с ПУ Вертикально-фрезерный с ЧПУ FKrSRS	37,5	39,5			
065 Слесарная Верстак слесарный	0,5	0,9			
080 Фрезерная Универсальный фрезерный MaHo	5,8	11,7			
085 Фрезерная	6,2	15,7			
090 Фрезерная	5,4	22,6	035 Слесарная	0,5	0,9

095 Слесарная Верстак слесарный	0,5	0,9	Верстак слесарный		
100 Фрезерная	3,4	9,9			
105 Фрезерная	2,54	9,9	040 Фрезерная с ПУ Обрабатывающий 5-ти осевой центр U-Compact U5-620	12,0	19,03
110 Слесарная Верстак слесарный	0,5	0,9			
115 Координатно-расточная	6,6	18			
120 Слесарная Верстак слесарный	0,5	0,9	050 Слесарная Верстак слесарный	0,5	0,9
Итого	123,04	221,4		99,88	154,4

Масса заготовки – 0,1 кг

Масса детали – 0,022 кг

Материал – МА2-1

Программа выпуска в год – 4000 штук

5.1 Расчет технико-экономических показателей проектируемого технологического процесса

5.1.1 Расчет стоимости основных фондов

В расчет стоимости основных фондов включается лишь их основные структурные составляющие: стоимость оборудования и производственных площадей.

Определение расчетного количества оборудования производится по операционно в соответствии с формулой

$$n_{pi} = (t_{pri} \cdot N_{pri}) / (60 \cdot \Phi_d \cdot K_{и} \cdot K_{в.н.}) \quad (5.1),$$

где t_{pri} - штучное время обработки детали на i -й операции, нормо-час; N_{pri} – годовая программа по данной операции, шт.;

Φ_d – действительный фонд времени работы оборудования, ч.;

$K_{и}$ – коэффициент использования оборудования по времени;

$K_{в.н.}$ – коэффициент выполнения норм.

Определение расчетного количества оборудования по формуле приведены в таблицу

Таблица 5.2 Расчет количества оборудования

Вид работ	Т _{шт.} , мин	N _{пр}	Φ _д	K _и	K _{в.н.}	П _{расч.}	П _{пр} принятое
010 Фрезерная с ПУ	3,12	4000	1871,5	0,85	1	0,131	1
015 Слесарная	0,9			0,85	1	0,038	1
020 Фрезерная с ПУ	68,19			0,85	1	2,86	3
025 Фрезерная с ПУ	61,36			0,85	1	2,57	3
030 Слесарная	0,9			0,85	1	0,038	
035 Фрезерная с ПУ	19,03			0,85	1	0,8	1
040 Слесарная	0,9			0,85	1	0,038	
Итого:						6,344	9

$$\Phi_{\partial} = \Phi_n(1 - P_{o-m}/100) \quad (5.2)$$

где Φ_{∂} – действительный фонд времени работы оборудования;

P_{o-m} – процент потерь времени по организационно-техническим причинам (4-5%);

Φ_n – номинальный фонд времени работы оборудования.

$$\Phi_n = K_{см}[T_{см} (D_k - D_{пр}) - D_{сокp} \cdot T_{сокp}] \quad (5.3)$$

Где $K_{см}$ – количество рабочих смен в сутки; $K_{см}=1$

D_k – количество календарных дней в году; $D_k=365$

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч.; $T_{см}=8$

$D_{сокp}$ – количество дней сокращенной работы, к ним относятся предпраздничные дни;

$T_{сокp}$ – время сокращения смены, ч. (принимается = 1 ч).

$$(\Phi_n = 1/[8(365 - 118) - 6 \cdot 1] = 1970)$$

$$(\Phi_{\partial} = 1970(1 - 5/100) = 1871,5 \text{ ч.})$$

Определяем коэффициенты закрепления операции:

$$K_{30} = T_{OP} / P_{np} \quad (5.4)$$

где: T_{OP} – число наименований технологических операций, выполняемых на участке в течение месяца по данным завода;

$$T_{OP} \approx 98$$

P_{np} – принятое количество оборудования;

$$K_{30} = 98/9 = 11.$$

Согласно ГОСТ 3.1108-74 (недействующий) $10 < K_{30} < 20$ определяет среднесерийный тип производства.

Капитальные вложения в оборудование определяется по формуле:

$$K_{об} = \sum_1^m C_{об} \cdot K_{мз} \cdot n_i \cdot \eta \quad (5.5)$$

где: $C_{об}$ – цена единицы оборудования, руб.;

$K_{мз}$ – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж 1,1;

n_i – количество оборудования данного типа.

η – коэффициент загрузки данного оборудования по времени данными деталями.

Расчет капитальных вложений в оборудование приведен в таблице 5.3

Таблица 5.3. Расчет капитальных вложений в оборудование

Тип оборудования	$C_{об}$, руб.	$K_{мз}$	$P_{пр}$, шт	η	$K_{об}$, руб.
Обработывающий 5-ти осевой центр – U-Contrast U5-620	6215000	1,1	8	0,565	30900980
Верстак слесарный	11200		1	0,01	123,2
Итого:					30901103,2

Капитальные вложения в здание определяются по формуле:

$$K_{зд} = S_{ст} \cdot K_{д} \cdot C_{пл} \cdot P_{пр} \cdot \eta \quad (5.6)$$

Где $S_{ст}$ – площадь станка в плане, м²;

$K_{д}$ – коэффициент учитывающий дополнительную площадь;

$C_{пл}$ – стоимость 1 м² производственной площади, $C_{пл} \approx 16000$ руб.

Площадь станка в плане $S_{ст}$, м² определяется по формуле:

$$S_{ст} = a \times b \quad (5.7)$$

где a – длина станка, в м;

b – ширина станка, в м.

Результаты расчетов капитальных вложений в здание сведены в таблицу 5.4

Таблица 5.4 Расчет капитальных вложений в здание

Тип оборудования	S _{ст} , м ²	П _{пр} , шт	κ _д	Ц _{пл} , руб.	η	κ _{зд} , руб.
Обрабатывающий 5-ти осевой центр – U-Compact U5-620	6,11	8	3	16000	0,565	1325625,6
Верстак слесарный	7	1	1		0,01	1120
Итого:						1326745,6

Расчет численности работников на участке

Прежде чем определять количество основных рабочих, определим возможность обслуживания станков.

$$T_{M.Ai} \geq T_{занi} \quad (5.8)$$

Где $T_{M.Ai}$ – время машинно-автоматической работы, мин.;

$T_{занi}$ – время занятости рабочего (машинно-ручное время, вспомогательное, время переходов и активного наблюдения), мин.

Время занятости рабочего $T_{занi}$, мин определяется по формуле:

$$T_{занi} = T_{штi} - T_o \quad (5.9)$$

где T_o – основное время обработки на операции, в мин.

$$T_{зан} = 154,4 - 99,88 = 54,52 \text{ мин.}$$

Количество станков, обслуживаемых рабочим, определяем с учетом необходимости оптимальной загрузки рабочих по формуле:

$$n_{об} = \left(\frac{T_{M.A}}{T_{зан}} + 1 \right) \cdot k_{оз}, \quad (5.10)$$

где $k_{оз}$ – коэффициент, выражающий оптимальную занятость рабочего в течении рабочего цикла обработки:

при работе на автоматическом оборудовании – 0,8-0,9;
 полуавтоматическом оборудовании – 0,7-0,85;
 универсальном оборудовании – 0,7-0,8.

$$n_{об} = \left(\frac{99,88}{54,52} + 1 \right) \cdot 0,8 = 2,27$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 5.5

Таблица 5.5 Расчет количества станков, обслуживаемых рабочим

Тип оборудования	T _{м.а} , мин.	T _{зан} , мин.	K _{оз}	n _{об}	n _{об} принятое
Обработывающий 5-ти осевой центр – U- Compact U5-620	99,88	54,52	0,8	2,27	2
ИТОГО:					2

Списочное число основных рабочих по профессиям определяется по следующей формуле:

$$R_o = \frac{\sum_{i=1}^m T_{шт.и} \cdot N}{60 \cdot \Phi_{э} \cdot K_{вн} \cdot n_{об}} \quad (5.11)$$

где T_{шт.и} – штучно-калькуляционное время обработки детали на I-й операции, в мин.

N – годовая программа по данной операции, шт.: 4000

Φ_э – эффективный фонд времени работы рабочего;

K_{вн} – коэффициент выполнения норм;

n_{об} – норма многостаночного обслуживания;

m – количество операций при изготовлении деталей.

$$\Phi_{э} = \Phi_{д} - \Phi_{д} \cdot T_n$$

где T_п – процент запланированных потерь в связи с плановым ремонтом, T_п = 6%.

$$\Phi_{э} = 1871,5 - 1871,5 \cdot T_n$$

$$R_o = \frac{154,4 \cdot 4000}{60 \times 1759,2 \times 1 \times 2} = 2,93 \text{ чел.}$$

$$R_o = \frac{2,7 \cdot 4000}{60 \times 1759,2 \times 1 \times 1} = 0,1 \text{ чел.}$$

Расчет численности основных рабочих приведен в таблице 5.5

Таблица 5.6 Расчет численности основных рабочих

Тип оборудования	T _{шт.к} , мин.	N, шт	k _{вн}	П _{об} прин.	R _о	R _о прин.
Верстак слесарный	2,7	4000	1	1	0,1	1
Обрабатывающий 5-ти осевой центр – U-Compact U5-620	154,4		1	8	2,93	3
ИТОГО:						4

Численность вспомогательных рабочих определяется по формуле:

$$P_b = \frac{\sum \Phi_{p.e}}{H_o} \quad (5.12)$$

где $\Phi_{p.e}$ – фактическое количество расчетных единиц. (шт., единиц ремонтной сложности);

H_o – норма обслуживания, (шт., единиц ремонтной сложности).

Расчет численности вспомогательных рабочих приведен в таблице 5.7

Таблица 5.7 Расчет численности вспомогательных рабочих

Профессия	Расч. ед.	Норма обслуживания	Факт. кол-во расчетных единиц	Число смен	Расчетное кол-во рабочих, человек	Принятое кол-во рабочих	Кэфф. Занятости рабочих
Наладчик станков с ЧПУ	Станок	10	8	1	0,8	1	0,8
Слесарь по ремонту оборудования	ед. рем. сложности	20	9		0,45	1	0,5
Электрик	ед. рем. сложности	40	12		0,3	1	0,3
Станочник по ремонту оборудования и	Станок	20	8		0,4	1	0,7

межремонтному обслуживанию							
ИТОГО:						4	

Расчет фонда заработной платы производственных рабочих на участке

Определяем отдельно фонд заработной платы основных и вспомогательных рабочих. Фонд заработной платы рабочих состоит из основной заработной платы и дополнительной.

Фонд основной заработной платы включает:

тарифный фонд;

доплаты по премиальным системам;

Тарифный фонд определяется по формуле:

$$З_{ТАРоси} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{чАС1} \cdot K_i \cdot t_{ум} \cdot N}{60}, \quad (5.13)$$

где $C_{чАС1}$ – часовая тарифная ставка рабочего i-го разряда;

K_i – средний тарифный коэффициент рабочего данной профессии;

$$З_{ТАРоси} = \frac{48,18 \cdot 1,2 \cdot 2,7 \cdot 4000}{60} = 10406,88 \text{ руб.}$$

$$З_{ТАРоси} = \frac{62,64 \cdot 1,2 \cdot 154,4 \cdot 4000}{60} = 773729,28 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов по формуле сведены в таблицу 5.8.

Таблица 5.8 Расчет заработной платы основных рабочих

Исполнитель	Количество исполнителей	Штучное время, $t_{шт.}$	Часовая тарифная ставка, руб./ч.	Прямой фонд зар. платы, (ПФЗП), руб.	Премия, (40 %), руб.	Основной фонд зарплат (ОФЗП), руб.	Дополнительная зарплата (ДФЗП), руб.	Всего фонд оплаты труда (ФЗП), руб.	Районный коэффициент 15%	Суммарные трудовые затраты, (ЗП)руб.
Слесарь 3р.	1	2,7	41,18	10406,88	4162,75	14569,63	1748,36	16317,99	2447,7	18765,69
Оператор станка с ЧПУ 5р.	3	154,4	62,64	773729,28	309491,71	1083220,99	129986,52	1213207,51	181981,13	1395188,64
Итого:	4	157,1		784136,16	313654,46	1097790,62	131734,88	1229525,5	184428,83	1413954,33

Фонд основной заработной платы включает: тарифную заработную плату, премии и доплаты за работу в вечернее время.

Фонд дополнительной заработной платы составляет 12 % от фонда основной заработной платы.

Страховые взносы - 30%

$$\text{ФЗП} \times 30\% = 1229525,5 \cdot 0,3 = 368857,65 \text{ р.}$$

Фонд оплаты вспомогательных рабочих определяется на основании ранее проведенных расчетов по определению потребного количества вспомогательных рабочих и их занятости на обслуживании оборудования предметно-замкнутого участка.

Прямой фонд заработной (тарифной) платы вспомогательных рабочих определяется по формуле:

$$З_{ТАРВсп} = \sum_{i=1}^K C_{часi} \cdot (\Phi_{Э} \cdot K_{ЗАНi} \cdot K_{ЗПВ}) \cdot R_i \quad (5.14)$$

где k – количество профессий вспомогательных рабочих;

$C_{часi}$ – часовая тарифная ставка повременщика i -го разряда;

$K_{занi}$ – коэффициент занятости рабочего i -го разряда обслуживания оборудования, предметно-замкнутого участка;

R_i – принятое число вспомогательных рабочих данной профессии, данного разряда;

$K_{зпв}$ – коэффициент заработной платы на предприятии для вспомогательных рабочих.

$$З_{ТАРвсп} = 37,65 \cdot (1759,2 \cdot 0,75 \cdot 0,9) \cdot 1 = 44707,87 \text{ руб.}$$

$$З_{ТАРвсп} = 31,43 \cdot (1759,2 \cdot 0,5 \cdot 0,9) \cdot 1 = 24881,24 \text{ руб. и т.д.}$$

Результаты расчетов заработной платы вспомогательных рабочих сведены в таблицу 5.9.

Таблица 5.9 Расчет заработной платы вспомогательных рабочих

Исполнитель	Кол-во исполнителей	Коэф. занятости, $K_{зан.}$	Часовая тарифная ставка, руб./ч.	Прямой фонд зар. платы, (ПФЗП), руб.	Премия, (40 %), руб.	Основной фонд зар. платы (ОФЗП), руб.	Дополнительная зар. плата (ДФЗП), руб.	Всего фонд оплаты труда (ФЗП), руб.	Районный коэффициент 15%	Суммарные трудовые затраты, (ЗП)руб.
Наладчик станков с ЧПУ	1	0,75	37,65	44707,87	17883,15	62591,02	7510,92	70101,94	10515,29	80617,23
Слесарь по ремонту оборудования 5 р.	1	0,5	31,43	24881,24	9952,5	34833,74	4180,05	39013,78	5852,07	44865,85
Электрики 5 р.	1	0,3	30,19	14339,77	5735,91	20075,68	2409,08	22484,76	3372,71	25857,47
Станочник по ремонту оборудования 5 р	1	0,7	32,37	35875,54	14350,22	50225,76	6027,09	56252,85	8437,93	64690,77
Итого:	4			119804,42	47921,77	167726,19	20127,14	187853,33	28178,00	216031,33

Страховые взносы 30%

$$\text{ФЗП} \times 30\% = 187853,33 \cdot 0,3 = 56356,0 \text{ руб.}$$

Калькуляция цеховой себестоимости.

Затраты на основные материалы за вычетом возвратных отходов определяются по формуле:

$$M = M_1 - M_2 \quad (5.15)$$

где M_1 – стоимость потребного количества основных материалов, в руб.;

M_2 – стоимость возвратных отходов, в руб..

Стоимость основных материалов зависит от программы, норм расхода на изготовление единицы продукции и рассчитывается по формуле:

$$M_1 = \sum_{i=1}^a m_{zi} \cdot N_i \cdot \text{Ц}_i \quad (5.16)$$

где a – количество наименований деталей, обрабатываемых на участке;

m_{zi} – масса заготовки единицы продукции i -го вида, кг;

N_i – годовая программа изготовления на участке деталей i -го вида, шт.;

Ц_i – цена материала, руб./кг.

$$M_1 = 0,1 \cdot 4000 \cdot 650 = 260000 \text{ руб.}$$

Стоимость возвратных отходов определяются по формуле:

$$M_2 = \sum_{i=1}^a (m_{zi} - m_{gi}) \cdot N_i \cdot \text{Ц}_{\text{отх}i} \quad (5.17)$$

Где m_{gi} – масса готовой детали i -го вида, кг;

$\text{Ц}_{\text{отх}i}$ – цена реализации отходов i -го вида материалов, руб/кг.

$$M_2 = (0,1 - 0,022) \cdot 4000 \cdot 36 = 11232 \text{ руб.}$$

$$M = 260000 - 11232 = 248768 \text{ руб.}$$

Затраты на технологическое топливо и энергию

Величина затрат на двигательную энергию определяется по формуле:

$$C_3 = \frac{N \cdot \sum_{i=1} M_i \cdot t_{um1} \cdot C_3 \cdot K_{ep} \cdot K_m \cdot K_u \cdot K_{od}}{60 \cdot K_o} \quad (5.18)$$

где M_i – суммарная установленная мощность электродвигателей i -типа оборудования (берется по паспортным данным).

$K_{вр}$ – коэффициент загрузки электродвигателей оборудования по времени;

K_m – коэффициент загрузки электродвигателей оборудования по мощности;

$K_{од}$ – коэффициент одновременной работы электродвигателей;

K_d – средний коэффициент полезного действия;

K_n – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети;

C_3 – стоимость 1 кВт/ч электроэнергии, в руб./ч..

$$C_3 = \frac{4000 \cdot 14 \cdot 154,4 \cdot 6,0 \cdot 0,45 \cdot 0,45 \cdot 1,05 \cdot 1}{60 \cdot 0,9} = 204271,2 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов по затрате энергии сведены в таблицу 5.10.

Таблица 5.10 Расчет величины затрат на двигательную энергию

Тип оборудования	N, шт	$t_{шт}$, мин.	C_3 , руб/ ч	$K_{вр}$	K_m	K_n	$K_{од}$	K_d	M, кВт	C_3 , руб.
Обрабатывающий 5-ти осевой центр – U- Compact U5-620	4000	154,4	6	0,45	0,45	1,05	1	0,9	14	204271 ,2
Итого:										204271 ,2

Расчет амортизационных отчислений

Расчет годовой суммы амортизации линейным методом проводится по формуле:

$$A = \Phi_n \cdot \frac{H_a}{100}$$

где A – сумма амортизационных отчислений, руб.;

Φ_n – первоначальная стоимость объекта, руб.;

H_a – норма амортизации, %.

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_a = \frac{1}{T_n} \cdot 100\%$$

где T_n - срок полезного использования объекта, лет.

Срок полезного использования объектов устанавливается налогоплательщиком самостоятельно с учетом статьи 258 Налогового кодекса и учетом классификации основных средств, утверждаемой Правительством РФ.

Здания относятся к девятой амортизационной группе со сроком полезного использования свыше 25 до 30 лет включительно;

Оборудование и приспособление относится к пятой амортизационной группе со сроком полезного использования свыше 7 до 10 лет включительно.

$$H_{a.об} = \frac{1}{10} \cdot 100\% = 10\%$$

$$A = 24202150 \cdot \frac{10}{100} = 2420215 \text{ руб}$$

Амортизационные отчисления на оборудование сведены в таблицу 5.11.

Таблица 5.11 Амортизационные отчисления на оборудование

Тип оборудования	Модель (марка)	Количество единиц оборудования	К _{об} , руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений, руб.
Обработывающий 5-ти осевой центр	U-Compact U5-620	8	24202150	10	2420215
Верстак		1	95,10	14,3	13,60
Итого:		9	24202245,1		2420228,6

Расчет стоимости основных средств и амортизационных отчислений сведен в таблицу 5.12.

Таблица 5.12 Стоимость основных средств и амортизационных отчислений

Группа основных производственных средств	Обозначение	Стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1. Здание	К _{зд}	8255264,58	4	330210,58
2. Оборудование	К _{об}	66073263,1	10; 14,3	6607326,31
Итого:		74328527,7		6937536,89

Расходы общепроизводственные

Затраты на все виды ремонта оборудования рассчитываются по формуле:

$$З_p = \sum^n R \cdot W \cdot K_3 \quad (5.19)$$

где R – группа ремонтной сложности механической части оборудования;

n – принятое количество оборудования;

W – годовые затраты на все виде ремонта оборудования в расчете на единицу ремонтной сложности, принимаем 2000 руб.;

K₃ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт электрической части металлорежущих станков, для станков с ЧПУ K₃ = 2,5. Для остальных K₃ = 1,4.

$$З_p = 28 \times 2000 \times 2,5 = 140000 \text{ руб.}$$

Затраты на все виды ремонта приведены в таблице 5.13.

Таблица 5.13 Затраты на все виды ремонта

Модель станка	n	R	W, руб.	K ₃	З _p , руб.
Обработывающий 5-ти осевой центр – U-Compact U5-620	6	28	2000	2,5	840000
Итого:					840000

Расчет затрат на инструмент производится по операциям по формуле:

$$З_{ин} = \frac{t_{маш.i} \cdot N \cdot K_{уб} \cdot Ц_{ин}}{t_{ст} (P+1)} \quad (5.20)$$

где T_{маш.i} – машинное время детали на i-операции, мин.;

N_i – программа выпуска;

$K_{УБ}$ – коэффициент случайной убыли;

P – количество допускаемых переточек;

$C_{ин}$ – цена единицы инструмента, руб.

$t_{ст}$ – машинное время работы инструмента между двумя переточками, мин.

Результаты расчетов стоимости малоценного инструмента сведены в таблицу 5.14.

Таблица 5.14 Расчет стоимости малоценного инструмента

Наименование оборудования	№ оп.	$t_{маш}$, мин.	N, шт	$K_{УБ}$	Наименование инструмента	$C_{ин}$, руб.	$t_{ст}$, мин.	$Z_{ин}$, руб.
DMU 50	015	0,25	40 00	1,2	Фреза торцовая	8820,9	2220	2384,03
	025	8,2		1,2	Фреза торцовая	8821,9	2220	78205
		5,54		1,2	Фреза	100,0	480	2770
		3,2		1,2	Фреза	57,0	240	1824
		1,12		1,1	Сверло центровочное	31,0	12	6365,33
		2,02		1,1	Сверло	15,0	12	5555
		1,12		1,1	Сверло	15,0	12	3080
		2,04		1,1	Сверло	25,0	12	9350
		2,6		1,1	Сверло	80,0	12	38133,3
		0,5		1,1	Сверло	80,0	12	7333,33
		2,2		1,1	Развертка	340,0	420	3918,1
	035	14,93		1,2	Фреза	100,0	480	7465
		9,45		1,2	Фреза	57,0	240	5386,5
		12,0		1,2	Фреза грибковая	365,0	480	21900
		0,14		1,1	Сверло центровочное	31,0	12	795,667
		2,6		1,1	Сверло	15,0	12	7150
		1,4		1,1	Фреза	70,0	240	898,333
		2,8		1,1	Метчик	15,58	240	399,887
		3,2		1,1	Сверло	15,0	12	8800

DMU 50	045	14,93		1,2	Фреза	100,0	240	14930
		10,66		1,2	Фреза	57,0	240	6076,2
		12,0		1,2	Метчик	365,0	240	43800
		0,14		1,1	Сверло центровочное	31,0	240	39,7833
		2,6		1,1	Сверло	15,0	12	7150
		1,4		1,1	Фреза	70,0	240	898,333
		2,8		1,1	Фреза	15,58	240	399,887
		3,2		1,1	Сверло	15,0	12	8800
Итого:								293808

Для расчета статьи себестоимости продукции необходимо составить смету расходов общепроизводственных в таблице 5.15.

Таблица 5.15 Смета общепроизводственных расходов

Статьи затрат	Руб.
1. Расходы на содержание оборудования;	
– амортизационные отчисления на здания, оборудование, приспособление;	2420228,6
– затраты на двигательную энергию;	204271,2
– заработная плата основная и дополнительная вспомогательных рабочих, занятых обслуживанием оборудования;	216031,33
– страховые взносы с заработной платы вспомогательных рабочих, 30%;	56356,0
– затраты на все виды ремонта;	840000,0
– износ малоценного быстроизнашивающегося инструмента.	293808,0
2. Общецеховые расходы	2200599,74
Итого:	6231294,87

Общецеховые расходы принимаем равным 200 % от основной заработной платы основных рабочих за вычетом выплат по премиальным системам:
 $1100299,87 \cdot 2 = 2200599,74$ руб.

Результаты расчетов себестоимости продукции сведены в таблицу 5.16.

Таблица 5.16. Плановая калькуляция ПЗУ

Статьи затрат	Годовой выпуск, руб
1.Затраты на основные материалы за вычетом возвратных отходов.	248768,0
2.Заработная плата основная основных рабочих.	1097790,62
3.Заработная плата дополнительная основных рабочих	131734,88
4.Единый социальный налог, 30%.	368857,65
5.Расходы общепроизводственные.	1133808
ИТОГО:	2980959,15

Технико-экономические показатели проектируемого участка сведены в таблицу 5.17.

Таблица 5.17 Техничко-экономические показатели проектируемого участка.

Наименование показателей	Всего по участку
Годовой выпуск:	
а) деталь “Корпус”.	4000
б) в нормо-часах	11066,6
Общее число металлорежущего оборудования, шт.	9
Производственная площадь, м ²	337
Общее число рабочих, чел, в т.ч.:	8
а) основных	4
б) вспомогательных	4
Общая стоимость ОФ, руб. в т.ч.:	74328527,7
а) оборудования	66073263,1
Общий ФЗП рабочих, руб., в т.ч.:	1922684,44
а) основных рабочих	1229525,5
Выпуск продукции на одного основного рабочего:	
а) штуки/чел.	1000
б) руб./чел.	3029910,32
Выпуск продукции на одного рабочего, руб./чел.	240335,56
Трудоемкость изготовления детали в нормо-часах	7150
Фондоотдача руб./руб.	0,54
Средняя загрузка оборудования, с/о	0,565
Коэффициент сменности	1
КИМ, %	22
Себестоимость единицы изделия, руб.	6079,82
Себестоимость товарной продукции, руб.	24319280

5.2 Расчет технико-экономических показателей базового технологического процесса

Исходные данные в таблице 5.1

Расчет стоимости основных фондов

Определение расчетного количества оборудования сведено в таблицу 5.18.

Таблица 5.18 Расчет количества оборудования

Вид работ	T _{шт.} , мин	N _{пр}	Φ _д	K _и	K _{в.н.}	П _{пр} расч.	П _{пр} принятое
Фрезерная	19,0	4000	1871,5	0,85	1	0,8	1
Координатно-расточная	46,4			0,85	1	1,94	2
Фрезерная с ПУ	77,5			0,85	1	3,25	4
Фрезерная	69,8			0,85	1	2,92	3
Слесарная	8,7			0,85	1	0,36	1
Итого						9,28	11

Расчет капитальных вложений в оборудование приведен в таблице 5.19

Таблица 5.19 Расчет капитальных вложений в оборудование

Тип оборудования	Ц _{об} , руб.	K _{тз}	П _{пр} , шт	η	K _{об} , руб.
Вертикально-фрезерный – Gambin	225000	1,1	1	0,4	99000
Координатно-расточной – Hauser	500000		1	0,97	533500
Вертикально-фрезерный с ЧПУ – FKRSRS	700000		2	1,62	2494800
Универсальный фрезерный – Маho	1300000		2	1,46	4175600
Верстак слесарный	11200		1	0,18	2217,6
Итого:			7		7305117,6

Результаты расчетов капитальных вложений в здание сведены в таблицу 5.20.

Таблица 5.20 Расчет капитальных вложений в здание

Тип оборудования	S _{ст} , м ²	П _{пр} , шт	К _д	Ц _{пл} , руб.	η	К _{зд} , руб.
Вертикально-фрезерный – Gambin	13,85	1	4,5	16000	0,4	398880,0
Координатно-расточной – Hauser	13,03	1	4,5		0,97	910015,2
Вертикально-фрезерный с ЧПУ – FKrSRS	15	2	3		1,62	3110400,0
Универсальный фрезерный – MaHo	16,16	2	4		1,46	3019980,8
Верстак слесарный	7	1	1		0,18	20160
Итого:						7459436,0

Расчет численности работников на участке

Расчет количества станков, обслуживаемых рабочим, сведен в таблицу 5.21.

Таблица 5.21 Расчет количества станков, обслуживаемых рабочим

Тип оборудования	$T_{м.а.}$, мин.	$T_{зан.}$, мин.	$K_{оз}$	$n_{об}$	$n_{об}$ принятое
Верстак слесарный	4,5	4,5	0,7	1,4	1
Вертикально-фрезерный Gambin	5,6	13,4	0,7	0,99	1
Координатно-расточной Hauser	3,2	2,8	0,7	1,5	1
Координатно-расточной Hauser	13,2	9,2	0,7	1,7	
Координатно-расточной Hauser	6,6	11,4	0,7	1,1	
Вертикально-фрезерный с ЧПУ FKRSRS	25,4	12,6	0,8	2,41	2
Вертикально-фрезерный с ЧПУ FKRSRS	32,2	7,3	0,8	4,33	
Универсальный фрезерный Maho	17,34	52,46	0,8	1,06	1

Расчет численности основных рабочих приведен в таблицу 5.22.

Таблица 5.22 Расчет численности основных рабочих

Тип оборудования	T _{шт.к,} мин.	N, шт	k _{вн}	П _{об} прин.	R _о	R _о прин.
Верстак слесарный	8,7	4000	1	1	0,32	1
Вертикально-фрезерный Gambin	19,0		1	1	0,72	1
Координатно-расточной Hauser	46,4		1	1	1,76	2
Вертикально-фрезерный с ЧПУ FKrSRS	77,5		1	2	1,46	2
Универсальный фрезерный Maho	69,8		1	1	2,64	3
ИТОГО:						9

Расчет численности вспомогательных рабочих сведен в таблицу 5.23.

Таблица 5.23 Расчет численности вспомогательных рабочих

Профессия	Расч. ед.	Нор-ма обслу- жива- ния	Факти- ческое кол- во расчет- ных единиц	Чис- ло сме н	Расче- тное кол- во рабоч их	Приня- тое кол- во рабо- чих	Коэффицие- нт занятости рабочих
Наладчик станков с ЧПУ	Станок	8	2	1	0,51	1	0,25
Слесарь по ремонту оборудования	Ед. рем. сложнос- ти	20	15		1,52	2	0,85
Электрик	Ед. рем. сложнос- ти	40	18		0,8	1	0,45
Станочник по ремонту оборудования и межремонтном	Станок	50	36		0,93	1	0,72

у обслуживанию							
ИТОГО:							5

Расчет фонда заработной платы производственных рабочих на участке

Расчет заработной платы основных рабочих сведен в таблицу 5.24.

Таблица 5.24 Расчет заработной платы основных рабочих

Исполнитель	Количество исполнителей	Штучное время, $t_{шт.}$	Часовая тарифная ставка, руб./ч.	Прямой фонд зар. платы, (ФЗП), руб.	Премия, (40 %), руб.	Основной фонд заработной платы (ОФЗП), руб.	Дополнительная зарплата (ДФЗП), руб.	Всего фонд оплаты труда (ФЗП), руб.	Районный коэффициент 15%	Суммарные трудовые затраты, (ЗП)руб.
Фрезеровщик 3р	1	19,0	41,18	31296,8	12518,72	43815,52	5257,86	49073,38	7361,01	56434,39
Расточник 5р.	1	46,4	62,64	116259,84	46503,94	162763,78	19531,65	182295,43	27344,31	209639,74
Оператор станка с ЧПУ 5р.	1	77,5	62,64	194184	77673,60	271857,60	32622,91	304480,51	45672,08	350152,59
Фрезеровщик 5р.	2	69,8	62,64	349781,76	139912,70	489694,46	58763,34	548457,80	82268,67	630726,47
Слесарь 3р.	1	8,7	41,18	14330,64	5732,26	20062,90	2407,55	22470,44	3370,57	25841,01
Итого:	6	221,4		705853,04	282341,22	988194,26	118583,31	2213555,14	166016,64	2379571,78

Страховые взносы 30%

$$\text{ФЗП} \cdot 30\% = 2213555,14 \cdot 0,3 = 664066,54 \text{ руб.}$$

Расчеты заработной платы вспомогательных рабочих сведены в таблицу 5.25.

Таблица 5.25 Расчет заработной платы вспомогательных рабочих

Исполнитель	Кол-во исполнителей	Коэф. занятости, $K_{зан.}$	Часовая тарифная ставка, руб./ч.	Прямой фонд зар платы, (ПФЗП), руб.	Премия, (40 %), руб.	Основной фонд зарплаты (ОФЗП), руб.	Дополнительная зарплата (ДФЗП), руб.	Всего фонд оплаты труда (ФЗП), руб.	Районный коэффициент 15%	Суммарные трудовые затраты, (ЗП)руб.
Наладчик станков с ЧПУ	1	0,25	37,65	14902,6	5961,05	20863,67	2503,64	23367,31	3505,1	26872,41
Слесарь по ремонту оборудования 5 р.	1	0,75	31,43	37321,9	14928,75	52250,61	6270,07	58520,69	8778,1	67298,79
Электрики 5 р.	1	0,45	30,19	21509,7	8603,86	30113,51	3613,62	33727,13	5059,07	38786,20
Станочник по ремонту оборудования 5 р	1	0,72	32,37	36900,6	14760,22	51660,78	6199,29	57860,07	8679,01	66539,08
Итого:	4			110635,0	44253,88	154888,58	18586,63	173475,21	26021,3	199496,49

Отчисления на социальные нужды 30%

$$\text{ФЗП} \cdot 30\% = 59848,947 \text{ руб.}$$

Калькуляция цеховой себестоимости

Затраты на основные материалы за вычетом возвратных отходов

Стоимость основных материалов:

$$M_1 = 0,290 \cdot 4000 \cdot 650 = 754000 \text{ руб.}$$

Стоимость возвратных отходов:

$$M_2 = (0,290 - 0,022) \cdot 4000 \cdot 36 = 38592 \text{ руб.}$$

$$M = 754000 - 38592 = 715408 \text{ руб.}$$

Расчет величины затрат на технологическое топливо и энергию сведены в таблицу 5.26.

Таблица 5.26 Расчет величины затрат на технологическое топливо и энергию

Тип оборудования	N, шт	t _{шт} , мин.	Ц _э , руб/ ч	K _{вр}	K _м	K _и	K _{од}	K _д	M, кВт	C _э , руб.
Вертикально-фрезерный Gambin	4000	19,0	4	0,4	0,6	1,05	1	0,85	14,3	465585,12
Координатно-расточной Hauser		46,4		0,35	0,4				2,1	97401,02
Вертикально-фрезерный с ЧПУ FKrSRS		77,5		0,35	0,55				27	2876036,6 3
Универсальный фрезерный Maho		69,8		0,4	0,6				15	1794139,2
Итого:										10466323, 94

Амортизационные отчисления на оборудование сведены в таблицу 5.27

Таблица 5.27 Амортизационные отчисления на оборудование

Тип оборудования	Модель (марка)	Кол-во ед. оборуд- я	K _{об} , руб.	Норма аморти- зации, %	Сумма амортизационн ых отчислений, руб.
Вертикально-фрезерный	Gambin	1	99000	14,3	14157
Координатно-расточной	Hauser	1	533500	14,3	76290,5
Вертикально-фрезерный с ЧПУ	FKrSRS	2	2494800	10	498960
Универсальный фрезерный	Maho	2	4175600	10	835120

Верстак		1	2217,6	14,3	317,1168
Итого:			7305117,6		1424844,62

Расчет стоимости основных средств и амортизационных отчислений сведен в таблицу 10.28.

Таблица 10.28 Расчет стоимости основных средств и амортизационных отчислений

Группа основных производственных средств	Обозначение	Стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1. Здание	К _{зд}	3826636,0	4	153065,44
2. Оборудование	К _{об}	7305117,6	14,3; ,10	1424844,62
Итого:		11131753,6		1577910,06

Расходы общепроизводственные

Затраты на все виды ремонта сведены в таблице 5.29.

Таблица 5.29 Затраты на все виды ремонта

Модель станка	n	R	W, руб.	Kэ	Зр, руб.
Вертикально-фрезерный Gambin	1	18	1500	1,4	37800
Координатно-расточной Hauser	1	30		1,4	63000
Вертикально-фрезерный с ЧПУ FKrSRS	2	28		2,5	210000
Универсальный фрезерный Maho	2	22		1,4	92400
Итого:					403200

Расчет стоимости малоценного инструмента сведен в таблицу 5.30.

Таблица 5.30 Расчет стоимости малоценного инструмента

Наименование оборудования	№ оп.	t _{маш} , мин.	N, шт	K _{уб}	Наименование инструмента	Ц _{ин} , руб.	t _{ст} , мин.	З _{ин} , руб.
Вертикально-фрезерный Gambin	015	14,0	4000	1,2	Фреза	300,0	480	21000,00
	020				Фреза	8820,9	2220	47680,54
Координатно-расточной Hauser	030	6,0		1,2	Резец	759,0	240	45540,00
Координатно-расточной Hauser	035	6,72		1,2	Резец	759,0	240	51004,80
		6,48			Сверло	80,0	12	103680,00
Вертикально-фрезерный с ЧПУ FKtSRS	045	6,24		1,2	Фреза	100,0	480	3120,00
		14,4		1,2	Фреза	57,0	240	8208,00
		1,12		1,1	Сверло центровочное	31,0	12	6365,33
		2,02		1,1	Сверло	25,0	12	9258,33
		1,12		1,1	Сверло	15,0	12	3080,00
		0,5		1,1	Сверло	15,0	12	1375,00
Вертикально-фрезерный с ЧПУ FKtSRS	060	15,3		1,2	Фреза	100,0	480	7650,00
		16,2		1,2	Фреза	57,0	240	9234,00
		4,6		1,1	Фреза грибковая	365,0	480	7695,42
		1,4		1,1	Сверло	15,0	12	3850,00
Maho	080	5,8		1,2	Фреза	100,0	480	2416,67
Maho	085	6,2		1,2	Фреза	100,0	480	3100,00
Maho	090	5,4		1,2	Фреза	100,0	480	2700,00
Maho	100	0,4		1,2	Фреза	70,0	240	280,00
		1,54			Фреза	15,58	240	239,93
		1,46		1,1	Сверло	15,0	12	4015,00
Maho	105	0,54		1,2	Фреза	70,0	240	378,00
		1,2		1,2	Фреза	15,58	240	186,96
		0,8		1,1	Сверло	15,0	12	2200,00

Координатно-расточной Hauser	115	6,6		1,2	Резец	759	240	50094,00
Итого:								394351,98

Для расчета статьи себестоимости продукции необходимо составить смету расходов общепроизводственных в таблице 5.31.

Таблица 5.31 Смета общепроизводственных расходов

Статьи затрат	Руб.
1. Расходы на содержание оборудования;	
– амортизационные отчисления на здания, оборудование, приспособление;	1577910,06
– затраты на двигательную энергию;	5233161,97
– заработная плата основная и дополнительная вспомогательных рабочих, занятых обслуживанием оборудования;	173475,21
– страховые взносы с заработной платы вспомогательных рабочих, 30%;	59848,947
– затраты на все виды ремонта;	403200,00
– износ малоценного быстроизнашивающегося инструмента.	394351,98
2. Общецеховые расходы	35292,66
Итого:	7877240,83

Общецеховые расходы принимаем равным 200 % от основной заработной платы основных рабочих за вычетом выплат по премиальным системам.

Результаты расчетов себестоимости продукции сведены в таблицу 5.32.

Таблица 5.32 Плановая калькуляция ПЗУ.

Статьи затрат	Годовой выпуск, руб
1. Затраты на основные материалы за вычетом возвратных отходов.	715408
2. Заработная плата основная основных рабочих.	988194,26
3. Заработная плата дополнительная основных рабочих	118583,31

4.Единый социальный налог, 30%.	332033,27
5.Расходы общепроизводственные.	7877240,83
Итого:	9673755,67

Технико-экономические показатели базового участка сведены в таблицу 5.33.

Наименование показателей	Участок		Отклонение
	Базовый	Проектный	
Годовой выпуск:			
а) деталь “Корпус”	4000	4000	
б) в нормо-часах	11066,6	9533,3	-1533,3
Общее число металлорежущего оборудования, шт.	11	9	-2
Производственная площадь, м ²	377,24	337	-40,24
Общее число рабочих, чел, в т.ч.:	11	8	-3
а) основных	9	4	-5
б) вспомогательных	5	4	-1
Общая стоимость ОФ, руб. в т.ч.:	59764553,6	74328527,7	14563974,1
а) оборудования	50310122,6	66073263,1	15763140,5
Общий ФЗП рабочих, руб., в т.ч.:	2286165,68	1922684,44	-363481,24
а) основных рабочих	1976388,52	1229525,5	-746863,02
Выпуск продукции на одного основного рабочего:			
а) штуки/чел.	833,3	1000	166,7
б) руб./чел.	2763930,2	3029910,32	-265980,12
Выпуск продукции на одного рабочего, руб./чел.	2924807,42	240335,56	105102,9
Трудоемкость изготовления детали в нормо/ч	8286,6	7150	-1136,6
Фондоотдача руб./руб.	0,44	0,54	-0,1
Средняя загрузка оборудования, с/о	0,73	0,565	-0,165
Коэффициент сменности	1	1	
КИМ, %	7,6	22	
Себестоимость единицы изделия, руб.	9673,8	6079,82	-3593,98
Себестоимость товарной продукции, руб.	26903211,25	24319280	-2583931,25

Таблица 5.33 Техничко-экономические показатели базового участка.

Наименование показателей	Всего по участку
Годовой выпуск:	
а) деталь “Корпус”.	4000
б) в нормо-часах	11066,6
Общее число металлорежущего оборудования, шт.	11
Производственная площадь, м ²	377,24
Общее число рабочих, чел, в т.ч.:	11
а) основных	9
б) вспомогательных	5
Общая стоимость ОФ, руб. в т.ч.:	59764553,6
а) оборудования	50310122,6
Общий ФЗП рабочих, руб., в т.ч.:	2286165,68
а) основных рабочих	1976388,52
Выпуск продукции на одного основного рабочего:	
а) штуки/чел.	833,3
б) руб./чел.	2763930,2
Выпуск продукции на одного рабочего, руб./чел.	2924807,42
Трудоемкость изготовления детали в нормо/ч	8286,6
Фондоотдача руб./руб.	0,44
Средняя загрузка оборудования, с/о	0,73
Коэффициент сменности	1
КИМ	7,6
Себестоимость единицы изделия, руб.	9673,8
Себестоимость товарной продукции, руб.	26903211,25

5.3 Расчет экономического эффекта

Снижение трудоемкости составит:

$$\% \text{ снижения трудоемкости} = \frac{t_{\delta} - t_{np}}{t_{\delta}} \cdot 100\%, \quad (5.24)$$

где: t_{δ} – трудоемкость продукции на базовом участке

$t_{п}$ – трудоемкость продукции на проектируемом участке

$$\% \text{ снижения трудоемкости} = \frac{8286,6 - 7150}{8286,6} \cdot 100\% = 13,7\%$$

$$\% \text{ экономии по заработной плате} = \frac{3_{\delta} - 3_{np}}{3_{\delta}} \cdot 100\% \quad (5.25)$$

$$\% \text{ экономии по заработной плате} = \frac{2286165,68 - 1922684,44}{2286165,68} \cdot 100\% = 15,9\%$$

Экономия по заработной плате, руб.:

$$\mathcal{E}_{зп} = 2286165,68 - 1922684,44 = 363481,24 \text{ руб.}$$

Экономия по социальным выплатам, руб.:

$$\mathcal{E}_{сс} = 363481,24 \cdot 0,30 = 109044,37 \text{ руб}$$

Годовой экономический эффект, руб.:

$$\mathcal{E}_{г} = \mathcal{E}_{зп} + \mathcal{E}_{сс} = 363481,24 + 109044,37 = 472525,61 \text{ руб.} \quad (5.26)$$

Вывод: В результате проведенных мероприятий удалось снизить трудоемкость изготовления деталей, повысить производительность, улучшить условия труда рабочего и снизить себестоимость изделия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломной работе произведён анализ исходных данных для проектирования. Проведён сравнительный анализ проектируемого и действующего технологического процесса. Разработано усовершенствованное приспособление для фрезерной операции с ЧПУ.

Приведен аналитический обзор решений и выбраны наиболее рациональные, которые можно применить в технологическом процессе.

Спроектировано спиральное сверло с коническим хвостовиком для обработки гладкого отверстия в детали «Фланец».

Также в дипломном проекте была произведена работа по расчёту экономической эффективности применения нового технологического процесса изготовления детали «Фланец». Также были разработана управляющая программа для выполнения фрезерной операции с ЧПУ (САПР).

Проведен анализ вредных и опасных производственных факторов, разработаны мероприятия по их снижению и устранению.

Также были проведены расчеты производственного освещения и вентиляции.

Проведена оценка пожарной безопасности, даны рекомендации по тушению магниевых сплавов.

Рассмотрено влияние на экологическую обстановку вредных производственных факторов, приведены методы борьбы с загрязнениями окружающей среды разработанные в дипломном проекте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с
3. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т1 / Под ред. А.Г. Косиловой, А.Г. Сулова, А.М. Дальского, Р.К. Мещерякова – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с., ил.
4. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т2 / Под ред. А.Г. Косиловой, А.Г. Сулова, А.М. Дальского, Р.К. Мещерякова – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 944 с., ил.
5. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога. М., Машиностроение, 1976 – 288 с., ил.
6. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с., ил.
7. Серебrenицкий П.П. Общетехнический справочник. – СПб.: Политехника, 2004. - 445 с., ил.
8. Режимы резания металлов: Справочник / Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман и др. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 411 с., ил.
9. Общестроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т.: Т. 1 / А.Д. Локтев, И.Ф. Гушин, В.А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с., ил.
10. Общестроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т.: Т. 2 / А.Д. Локтев, И.Ф. Гушин, В.А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 304 с., ил.

11. Справочник нормировщика / А.В. Ахумов, Б.М. Генкин, Н.Ю. Иванов и др.; Под общей редакцией А.В. Ахумова. Л., Машиностроение, 1987 – 458 с., ил.
12. Единые ведомственные нормативы времени на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Часть II / И.И. Романов, И.Г. Прудников, В.А. Крутов, и др. – М.: ЦНИС, 1980. – 250 с., ил.
13. Единые ведомственные нормативы времени на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Часть III / И.И. Романов, И.Г. Прудников, В.А. Крутов, и др. – М.: ЦНИС, 1980. – 190 с., ил.
14. Размерный анализ при технологическом проектировании: Учеб. пособие / В.Н. Ашихмин, В.В. Закураев. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 93 с.
15. Степанов Ю.А. Технология литейного производства. М., Машиностроение, 1983 – 287 с., ил.
16. Белкин И.М. Допуски и посадки (Основные нормы взаимозаменяемости). – М.: Машиностроение, 1992 – 528 с., ил.
17. Технология машиностроения. Часть I: Учеб. пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В. Дегтярев, А.М. Соловейчик; Под ред. С.Л. Мурашкина. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. 190 с.
18. Технология машиностроения. Часть II: Проектирование технологических процессов: Учеб. пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В. Дегтярев, А.М. Соловейчик; Под ред. Л. Мурашкина. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. 498 с.
19. Технология машиностроения. Часть III: Правила оформления технологической документации: Учеб. пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В. Дегтярев, А.М. Соловейчик; Под ред. С.Л. Мурашкина. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. 59 с.

20. Боровский Г.В., Григорьев С. Н., Маслов А.Р. Справочник инструментальщика / Под общей редакцией А.Р. Маслова. М., Машиностроение, 2005 – 464 с., ил.
21. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, обслуживания рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. М.: Машиностроение, 1974.
22. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансёров, М.: Машиностроение, 1966. – 654 с.
23. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с., ил.
24. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. 6-е изд., перераб. и доп. – М.: «Высшая школа», 1969. – 480 с., ил.
25. Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов; учеб. /Под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с., ил.
26. Организация и планирование машиностроительного производства: Учебник / К.А. Грачёва, М.К. Захарова, Л.А. Одинцова и др.; Под ред. Ю.В. Скворцова, Л.А. Некрасова. – М., Высш. шк., 2003 – 470 с., ил.
27. Горшенина Н.В., Стишенко П.Г. Производственное освещение. Методические указания. Омск, 2001 – 28 с.
28. Бакико Е.В., Кирьянова Е.Н. Выполнение раздела «Охрана труда» в дипломном проекте. Омск, 2004 – 34с.
29. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ Под общ. Ред. С.В. Белова 7-е изд. стер.- М.: Высш. шк. 2007 – 616 с.: ил.
30. Насейкин А.И. Оздоровление воздушной среды. Методические указания к самостоятельной работе студента. Омск, 2000 – 43 с.

31. Калинушкин М.Л. Вентиляторные установки. Учеб. Пособие для строит. Вузов 7-е изд., доп и перераб М.: Высшая школа, 1979 – 294 с.: ил.
32. Металлорежущие станки: Каталог-справочник в 8-и томах / НИИМАШ. М.: Министерство станкостроительной промышленности, 1971. – 800 с., ил.
33. Специальные металлорежущие станки: Справочник / В.Б. Дьячков, Н.Ф. Кабатов, М.У. Носинов. – М.: Машиностроение, 1983. – 288 с., ил.
34. ОСТ 1 90338 – 83 Обработка магниевых сплавов. Общие требования.
35. Глотов В.А., Юсова Г.Г. Техничко-экономические показатели участка механической обработки. Методические указания. Омск, 2003 – 22с.
36. Экономика и организация производства в дипломных проектах: Учеб. пособие для машиностроительных вузов /Под общей ред. К.М. Великанова – 4изд., перераб. и доп. Л. Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1986 – 285 с.: ил.
37. Семченко И.П., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. М: «Машгиз», 1963. – 952 с., ил.
38. Металлорежущие инструменты: справочник конструктора/ Е.С. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Минск: Новое знание, 2009. – 1039 с., ил.